



UNIVERZITET U KRAGUJEVCU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET



Snežana B. Pešić

OSNOVI EKOLOGIJE

Kragujevac • 2011

Autor: dr Snežana B. Pešić, docent, Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Kragujevcu

Izdavač: Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu

Recenzenti:

Dr Ivo Savić, redovni profesor u penziji, Biološki fakultet,
Univerzitet u Beogradu

Dr Aca Marković, vanredni profesor, Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Kragujevcu

Lektor: mr Dušica Trifunović, Zavod za udžbenike, Beograd

Štampa: GRAFOSTIL, Kragujevac

Likovna obrada i priprema za štampu: autor

Naslovna korica: *Larinus sturnus*, Stara planina, 07. juli 2009., foto S. Pešić

Zadnja korica: snimci sa terenskih nastava i istraživačkih akcija studenata Biologije i Ekologije
Prirodno-matematičkog fakulteta u Kragujevcu

U knjizi su i druge fotografije koje su snimili studenti Biologije i Ekologije na Prirodno-
matematičkom fakultetu u Kragujevcu, a koje su ovde objavljene uz njihovu saglasnost.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

574(075.8)
502(075.8)

ПЕШИЋ, Снежана Б., 1964-
Osnovi ekologije / Snežana B. Pešić. -
Kragujevac : Prirodno-matematički fakultet,
2011 (Kragujevac : Grafostil). - 303 str. :
ilustr. ; 30 cm

Tiraž 500. - Napomene uz tekst. -
Bibliografija: str. 285-288. - Registar.

ISBN 978-86-6009-011-1

a) Екологија b) Животна средина
COBISS.SR-ID 183685132

Odlukom Nastavno-naučnog veća
Prirodno-matematičkog fakulteta u
Kragujevcu broj 310/XIV-1 od 13. maja
2009. rukopis „Osnovi ekologije“
odođen je kao osnovni fakultetski
udžbenik za predmete Osnovi ekologije,
Ekologija životinja i Sinekologija
i kao pomoćni udžbenik za predmete
Biogeografija
i Zaštita i unapređenje ekosistema.

Štampanje pomogli:

- ♣ Preduzeće za proizvodnju,
preradu, promet i inženjeringu
FLORES DOO Divostin,
Kragujevac
- ♣ PRIZMA DOO Kragujevac
- ♣ Agencija Virtual Team

Copyright © 2011 Snežana B. Pešić i
Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu

Sva prava zadržavaju autor i izdavač.

Zabranjeno je preštampavanje, fotokopiranje cele knjige ili delova, kao i smeštanje u sistem za pretraživanje bez
dobijene saglasnosti autora i izdavača.

*Ovu knjigu posvećujem senima profesora
Mladena S. Karamana*, moga učitelja.*

*Darujem je svima koji iskreno vole prirodu i žele
da je razumeju, a pogotovo mojim studentima, uz
želju da poput misionara šire tu LJUBAV.*



*Profesor Mladen Karaman sa studentima i saradnicima
na terenskoj nastavi na Dojranskom jezeru, 1986. godine*

* Profesor Mladen Karaman je rođen 15. januara 1937. godine, kao prvo dete u porodici poznatih jugo-slovenskih zoologa, Zore i Stanka Karamana. Detinjstvo mu protiče u Splitu i Dubrovniku, a mладалаčki period i studije u Skoplju. Od 1963. godine je zaposlen na Univerzitetu u Prištini. Doktorsku disertaciju je odbranio 1964. godine, u Ljubljani. Period 1967-1969. kao stipendista Humboldtove fondacije, provodi u Hamburgu. Krajem 1969. godine je izabran za vanrednog, a 1975. za redovnog profesora. Akademija nauka i umetnosti Kosova ga iste godine bira za dopisnoga člana. Od 1976. postaje građanin Kragujevca, rešen da pomogne razvoj Prirodno-matematičkog fakulteta u povoju. Predavao je Sistematiku i uporednu morfologiju invertebrata, Ekologiju i geografiju životinja i Čovek i životna sredina. Komplikacije dijabetesa (od kojega je bolovao od 24. godine života) 1990. odvode ga u prevremenu penziju i smrt septembra 1991. godine. Tako je prekinuta nit jednog intenzivnog i plodnog života naučnika-vizionara.

Reč autora

Ovu knjigu sam pisala želeći da podelim sa svima koje EKOLOGIJA zanima, ljubav prema prirodi i zabrinutost za njenu sudbinu. Ljudima postaje neophodna ekološka pismenost, kako bi, svejedno da li kroz političke debate ili misionarsku edukaciju drugih, naročito mladih, zajedno rešavali sve veće probleme opstanka života na Zemlji. Ekološka inteligencija nam omogućava da ono što naučimo i shvatimo iz ekologije primenimo na naše uticaje na ekosisteme tako da im što manje štetimo, tj. da „živimo održivo“, ili, drugim rečima, dostoјno čoveka i u saglasnosti sa prirodom. Kao i druge forme, i ova inteligencija se razvija.

Geneza ove knjige je bila složena. Meni kao asistentu na PMF u Kragujevcu su predavanja profesora Mladena Karamana i udžbenik profesora Vladimira Veljovića, iz mojih studentskih dana, bili osnova i polazna tačka u radu. Nenadmašan udžbenik „Ekologija životinja“ profesora Siniše Stankovića, objavljen još 1962. godine, iako pionirski, predstavljao je pravu avangardu u udžbeničkoj literaturi toga vremena, i to za nauku koja je, čak i u većini razvijenih evropskih zemalja, tek stasavala. Ta knjiga je još aktuelna. Ali, na osnovu moga predavačkog iskustva, sticanog pod imperativom kraja 20. i početka 21. veka shvatila sam da je neophodno studentima stalno pružati novo i novo. Drugim rečima, vreme je diktiralo neprekidno doterivanje gradiva na osnovu najnovije svetske udžbeničke literature, internet izvora i razmene iskustava. Ispiti i diskusije sa studentima i školskim nastavnicima su bili još dragoceniji. Ne retko sam bila zatečena stepenom nepoznavanja osnovnih prirodnih pojava i njihovih povezanosti, koji su pojedini sagovornici pokazivali, jer su tokom školovanja učili jednu po jednu naučnu disciplinu, ne nalazeći spojeve među njima, tj. ne shvatajući nedeljivost prirode. Školski udžbenici, puni definicija bez jednostavnih i razumljivih objašnjenja, ekologiju su svrstali u nauku teško shvatljivu đacima. Sagledavajući sve to, rađala se ideja o ovom tekstu.

Ne postoji na svetu ni za jedan predmet apsolutno kompletiran, savršen udžbenik, već se savremeno studiranje bazira na parcijalnom korišćenju više izvora. U protivnom, studiranje ne bi bilo to što mu ime kazuje! Ova knjiga je, dakle, oslobođena pretenzija da je «njapametnija». Pisana je prevashodno za studente koji se pripremaju za polaganje Osnova ekologije. Dopune osnovnoga teksta (pisane sitnije, u fusnotama i sl.) dopuštaju njeni korišćenje i za sticanje usmerenijih znanja, npr. iz domena ekologije životinja, ili zaštite i unapređivanja životne sredine. Literatura i drugi izvori navedeni na kraju treba da budu inspiracija i potencijalni putokaz onima koji bi da znaju još više iz ekologije. Spisak ovih izvora je tek vrh ledenoga brega u odnosu na ponudu ekološke i primenjene ekološke literature na svetskom i našem tržištu. Ukratko rečeno, ova knjiga je pisana da bi se lakše doprlo do srži nauke ekologije i demistifikovali kompleksni filozofski pristupi istoj. Ukoliko se apstrahuje stručni latinski deo, ovaj udžbenik bi mogao da bude koristan i na fakultetima medicinskih, društvenih i drugih nauka, koje se dodiruju i prepliću sa ekologijom u raznim pogledima i nivoima.

Da bi se izbegla monotonija i lakše savladala izložena materija, knjiga obiluje primerima i ilustracijama. Na kraju svakoga poglavlja su pitanja koja mogu biti od koristi studentima pri proveri stepena usvojenoga gradiva. Iskreno se nadam da će ovi dodaci pomoći.

Hvala svima koji su me podstakli i/ili podržali da ovo uradim. Najviše mojoj majci!!!

Blagodarim recenzentima, a posebno prof. Ivi Saviću na nesebičnom doprinosu.

Dragi Čitaoče,

Hvala što si se opredelio/la baš za ovu knjigu. Nadam se da ćeš joj se vraćati kao valjanom izvoru. Bila bih Ti veoma zahvalna ako uočiš eventualne propuste ili greške i obavestiš me o istima, kao i ako mi javiš kakvo je Tvoje iskustvo sa korišćenjem ove knjige. Možda zajedno napravimo još bolju!

Srećno!!!

Početkom 2009. godine



Iz recenzije

Gradivo predmeta izloženo je postupno prirodnim redosledom, bez nepotrebnog ponavljanja definicija i opisa, a navedeni indeksi na kraju rukopisa omogućavaju pažljivom čitaocu brzo pronalaženje odgovarajućih definicija i objašnjenja svih relevantnih pojmoveva i pojava koje se pominju u tekstu.

.....
U celini uzev, rukopis je pisan veoma jasnim, korektnim i pristupačnim jezikom i stilom, ilustrovan je izuzetno kvalitetnim i estetski privlačnim fotografijama, grafikonima i tabelama, koje na adekvatan način prate i dopunjaju izlaganje materije u tekstu. Iz svega ovde izloženog, može se sa zadovoljstvom zaključiti da način izlaganja odgovaraće naučno-stručne problematike rukopisa u potpunosti ispunjava sve potrebne pedagoško-psihološke, didaktičko-metodološke, jezičke i estetske norme i zahteve.
.....

Imajući u vidu činjenicu da se u našoj zemlji već čitav niz godina oseća nedostatak i urgentna potreba za jednim domaćim udžbenikom ovakvog profila, pojava ovog jedinstvenog udžbenika predstavljaće nesumnjivo krupan pedagoški, stručan i naučni događaj i istovremeno krupan podsticaj daljem razvoju ekologije, biogeografije i oblasti zaštite i unapređivanja životne sredine kod nas. Imajući posebno u vidu ugroženost i alarmantno stanje životne sredine u svetu i kod nas, adekvatna ekološka znanja za razrešavanje ova-ko nastale dramatične situacije sada su nam svima više nego neophodna. U tom smislu, ovaj udžbenik će poslužiti ne samo u cilju formiranja odgovarajućih stručnjaka i specijalista za navedene oblasti, već će nesumnjivo naići na ogromno interesovanje šire naučne, stručne i društvene javnosti. Ubeđeni smo da će ovaj udžbenik, zahvaljujući svim navedenim kvalitetima, po objavlјivanju, postati ne samo neophodno udžbeničko štivo na predmetima ovog Fakulteta nego i mnogih relevantnih fakulteta i univerziteta u zemlji. Izvrsni registri na kraju knjige (Indeksi pojmoveva, latinskih naziva i autora), doprineće i mogućnosti da se ovaj udžbenik istovremeno može koristi i kao svojevrsna "Enciklopedija ekologije, biogeografije i zaštite životne sredine u malom".

30. marta 2009.



Dr Ivo Savić, redovni profesor u penziji
Biološki fakultet, Beograd



Dr Aca Marković, vanredni profesor
Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac

*Sadržaj***1. UVOD**

1.1. NASTANAK I RAZVOJ EKOLOGIJE	7
1.1.1. Šta je ekologija i čime se bavi?	7
1.1.2. Istorijat ekologije	8
1.1.3. Faze u razvoju ekologije	10
1.2. PODELA EKOLOGIJE	12
1.3. VEZE EKOLOGIJE SA DRUGIM NAUKAMA	14
1.4. NIVOI ISTRAŽIVANJA U EKOLOGIJI	16
1.4.1. Ekološke discipline	16
1.5. OSNOVNE KATEGORIJE I POJMOVI U EKOLOGIJI	17
1.5.1. Stanište i biotop	17
1.5.2. Nivoi organizacije živoga sveta i hijerarhija ekoloških sistema	18
1.5.2.1. Organizam	19
1.5.2.2. Homotipski kolektivi organizama	19
1.5.2.3. Heterotipski skupovi i kolektivi organizama	20
1.5.2.4. Ekosistem	22
1.5.2.5. Biosfera	23
1.5.2.6. Tehnosfera	24
1.6. ZADACI SAVREMENE EKOLOGIJE	25

2. ŽIVA PLANETA

2.1. UNIVERZUM I ZEMLJA	29
2.1.1. Zemlja danas	30
2.1.2. Teorija horizontalnog pomeranja kontinenata (drejfa)	33

3. ŽIVI SVET NA ZEMLJI

3.1. POREKLO I EVOLUCIJA ŽIVOTA NA ZEMLJI	39
3.2. RAZNOVRSNOST SAVREMENOG ŽIVOG SVETA	41
3.2.1. Monera (Bacteria, Prokariotae)	41
3.2.2. Protista	42
3.2.3. Plantae	43
3.2.4. Animalia	46
3.2.5. Fungi (Mycetalia, Mycota)	48

4. AUTEKOLOGIJA

AUTEKOLOGIJA (IDIOEKOLOGIJA)	53
4.1. EKOLOŠKA NIŠA I ŽIVOTNA FORMA	53
4.1.1. Klasifikacija životnih formi	57
4.1.2. Predeona pripadnost (predeoni tip) životne forme	60
4.2. EKOLOŠKI FAKTORI	61
4.2.1. Jedinstvo živoga sveta i životne sredine	61
4.2.2. Podela ekoloških faktora	61
4.2.3. Odlike ekoloških faktora	62
4.2.4. Interakcije ekoloških faktora i Pravilo minimuma (Libigovo pravilo)	64

4.2.5. Šelfordov zakon podnošenja (tolerancije) i Tinemanovo pravilo	65
4.2.6. Osnovni abiotički ekološki faktori	66
4.2.6.1. Klimatski faktori	66
4.2.6.2. Orografska faktori (ekološki faktori reljefa)	98
4.2.6.3. Zemljiste kao kompleks faktora (edafski ekološki faktori)	99
4.2.6.4. Voda kao životna sredina (hidrografska faktori)	102
4.2.6.5. Trofički faktori	108
4.2.7. Biotički faktori	114
5. POPULACIONA EKOLOGIJA (DEMEKOLOGIJA)	
POPULACIONA EKOLOGIJA (DEMEKOLOGIJA)	137
5.1. POPULACIJA - DEFINICIJA I OSNOVNE KARAKTERISTIKE	137
5.2. KARAKTERISTIKE POPULACIJE	139
5.2.1. Formalni elementi strukture populacije	140
5.2.2. Funkcionalni elementi strukture populacije	152
5.3. DINAMIKA POPULACIJE	161
5.4. POPULACIONE TEORIJE (Teorije o regulatornim mehanizmima)	166
6. BIOCENOLOGIJA	
BIOCENOLOGIJA	173
6.1. BIOCENOZA	173
6.1.1. Odnosi u biocenozi	174
6.1.2. Struktura biocenoze	175
6.1.2.1. Fitocenoze	179
6.1.2.2. Zoocenoze	181
7. EKOSISTEMOLOGIJA	
EKOSISTEMOLOGIJA	187
7.1. EKOSISTEM	187
7.1.1. Organska produkcija ekosistema	189
7.1.2. Zakonitosti funkcionisanja ekosistema	195
7.2. BIOSFERA	196
8. BIOGEOGRAFIJA	
BIOGEOGRAFIJA	203
8.1. AREAL	203
8.2. FLORA, VEGETACIJA I FAUNA	205
8.2.1. Ostrvska flora i fauna	206
8.3. FITOGEOGRAFIJA (GEOGRAFIJA BILJAKA)	206
8.4. ZOOGEOGRAFIJA (GEOGRAFIJA ŽIVOTINJA)	209
8.4.1. Principi i metodi zoogeografskog rejoniranja	209
8.4.2. Zoogeografska podela Svetskog okeana	210
8.4.2.1. Faunistička podela litorala	210
8.4.2.2. Faunistička podela pelagijala	210
8.4.3. Zoogeografska podela kontinentalnih (slatkih) voda	212
8.4.4. Zoogeografska podela kopna	213
9. ANTROPOGENI UTICAJI NA BIOSFERU	
9.1. ANTROPOGENI UTICAJI NA BIOSFERU	217
9.2. ZAGAĐIVANJE (POLUCIJA) ŽIVOTNE SREDINE	220

9.2.1. Zagadivanje vazduha (aerozagadenje)	221
9.2.1.1. Spoljašnje aerozagadenje	225
9.2.1.2. Unutrašnje aerozagadenje	226
9.2.1.3. Efekti aerozagadenja na zdravlje ljudi	227
9.2.1.4. Efekti aerozagadenja na globalnu klimu	227
9.2.1.5. Potencijalna rešenja problema aerozagadenja	229
9.2.2. Svetlosno zagadenje	231
9.2.3. Jonizujuće zračenje	234
9.2.4. Buka	239
9.2.5. Degradacija zemljišta	241
9.2.6. Zagadivanje vode	255
9.2.6.1. Zagađenje slatkovodnih tekućica	257
9.2.6.2. Zagađenje slatkovodnih jezera	257
9.2.6.3. Zagađenje podzemnih voda	258
9.2.6.4. Zagadenje okeana	260
9.2.6.5. Prevencija i smanjenje zagađenja površinskih voda	262
9.2.6.6. Smanjenje zagađenja voda tretiranjem otpadnih voda	262
9.2.6.7. Kvalitet vode za piće	264
9.3. ORGANIZMI KAO INDIKATORI KVALITETA ŽIVOTNE SREDINE ..	265
9.3.1. Bioindikatori kvaliteta zemljišta	265
9.3.2. Bioindikatori kvaliteta vazduha	266
9.3.3. Bioindikatori kvaliteta vode	268
 10. ZAŠTITA I UNAPREĐIVANJE ŽIVOTNE SREDINE	
10.1. ZAŠTITA I UNAPREĐIVANJE ŽIVOTNE SREDINE (Održivi razvoj) .	271
10.2. HOMOCENTRIČNI I LAIFCENTRIČNI POGLEDI NA ŽIVOTNU SREDINU	273
10.3. BIODIVERZITET I UGROŽENE VRSTE	276
10.3.1. Konzervaciona biologija	276
10.4. ZAKLJUČAK	280
 Prilozi	281
Literatura	285
Pogovor	289
Index taksona	291
Index pojmova	295

1. Uvod



Zootoca vivipara (Jacquin 1787), 25. maja 2010. na Staroj planini
(foto S. Pešić)

1. UVOD

1.1. NASTANAK I RAZVOJ EKOLOGIJE

1.1.1. Šta je ekologija i čime se bavi?

Ekologija je relativno mlada nauka. Po jednima, nastala je pre više od 120 godina, a po drugima tridesetak godina kasnije.

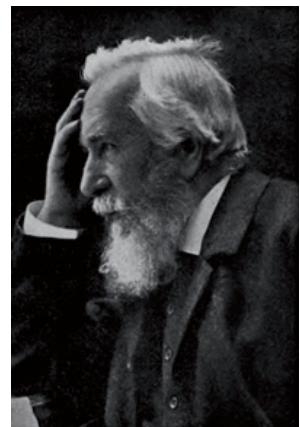
Reč **ekologija** potiče iz knjiga „Opšta istorija razvoja organizama“ (Allgemeine Entwicklungs geschichte der Organismen) (1866) i „Prirodna istorija stvaranja“ (Natürliche Schöpfungsgeschichte) (1879), nemačkog biologa Ernsta Hekela (Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, 1834–1919; sl. 1), gde je označavala granu zoologije koja istražuje sveobuhvatnost odnosa između životinjskih vrsta i njihove neorganske i organske okoline. U toj isključivoj vezanosti za životinje je nedostatak Hekelove postavke ove nauke.

Danski botaničar Eugen Warming (Johannes Eugenius Bülow Warming, 1841–1924) je autor prvog udžbenika (1895. godine) i predavanja iz ekologije biljaka.

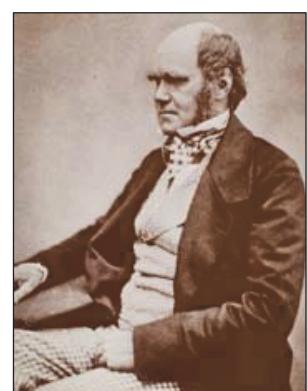
Termin **EKOLOGIJA** je izведен iz grčkih reči *oikos* koja znači kuća, dom, mesto stanovanja, stanište, okolina (Odum, 1963) i *logos* što označava učenje, reč, govor, nauku. Iz istog korena potiče i reč ekonomija, koja označava nauku o proizvodnji i raspodeli materijalnih dobara u ljudskom društvu. Ekologija se može shodno ovome definisati i kao *ekonomija žive prirode*, tj. nauka o proizvodnji i raspodeli organske materije u prirodi (Stanković, 1962).

Ekologija je nastala i u početku se razvijala u okvirima biologije. Iako je Hekel dao ime ekologiji, Čarls **Darwin** (sl. 2), utemeljivač učenja o organskoj evoluciji, je, po nekim, njen stvarni tvorac, pošto pojam „borbe za opstanak“ pokriva splet međuodnosa živih bića, kao i odnose prema uslovima nežive prirode. Organizam i spoljašnja sredina (živa i neživa) u kojoj on živi, su dva istorijski nastala sistema koji se neprekidno razvijaju. Odnosi između njih su uzajamni i promenljivi.

Danas je ekologija priznata nauka. Međutim, kao i sve mlade nauke, nema opšte prihvaćenu definiciju predmeta koji proučava. Pojam ekologije je evoluirao od isključivo zoološkog (kako je definisao Hekel), preko biološkog (gde je ekologija shvaćena kao grana biologije), ka znatno širem, odnosu do toga da je čak i društvena nauka (socijalna ekologija)*. U svakom slučaju, osnovni elementi svih definicija ekologije su: živa bića, sredina (okolina), međusobni uticaji živih bića i odnosi živih bića



Sl. 1. – Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, 1834–1919.
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:ErnstHaeckelDW.jpg>)



Sl. 2. – Charles Robert Darwin, 1809–1882.
(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Charles_Darwin_seated.jpg)

* ZA ONE KOJI BI DA ZNAJU VIŠE: Čarls Elton (Charles Sutherland Elton, 1900–1991) je u pionirskoj knjizi „Ekologija životinja“ (Animal Ecology) 1927. godine ekologiju definisao kao **naučni prirodopis**. Judžin Odum (Eugene Pleasants Odum, 1913–2002) je 1963. godine definiše malo preciznije – kao analizu strukture i funkcije prirode. Mnogo određenija je definicija Australijanca Andrewarthe (Herbert George Andrewartha, 1907–1992) iz 1961. godine: Ekologija je naučna studija distribucije i abundancije (brojnosti) organizama. Ipak, i ova je definicija manjkava. Nedostaje joj dinamika, tj. deo o odnosima i zavisnosti. Upotpunjena definicija bi bila:

prema sredini. Znači, **ekologija je nauka koja proučava odnose živih bića i okolne sredine, međusobne odnose živih bića i uticaje sredine na živa bića**. Međutim, pošto su i druga živa bića deo životne sredine posmatranog organizma ili grupe organizama, definicija u najkraćoj formi bi bila: **ekologija je nauka koja proučava odnose živih bića i njihove životne sredine**.

Krajnji cilj ekologije je da utvrdi načela na kojima počiva zajednički život organizama u svakoj životnoj sredini.

Ekologija čoveka (humana ekologija) je relativno mlada naučna disciplina. U početku je shvatana kao medicinska grana, koja proučava uticaje sredine na čoveka. Pošto sredina osim na zdravstveno stanje, utiče na čoveka i s aspekta sociologije, tehnike, arhitekture, prava, ekonomije, politike i dr., okviri ove naučne discipline se šire.

Ekosistemi u kojima ljudi borave razlikuju se od prirodnih.

U stvari, ekologija se kao nauka i pojavila tek kada je ekonomska aktivnost čoveka počela trajno da degradira prirodno okruženje, čime je čovek doveo u pitanje i sopstveni opstanak. Ekološki pokret je nastao kada su područja u kojima je stanovala buržoazija postala ekološki ugrožena, usled industrijalizacije. Permanentno zagađivanje i trovanje životnog prostora i trošenje neobnovljivih resursa bili su sve očigledniji. Postalo je jasno da je i sam ekonomski razvoj ograničen sve prisutnjom neravnotežom između stope rasta stanovništva i opadajućih životnih resursa. Konačno, pojedini ekološki problemi nisu mogli da se reše uspešno tehničkim merama, ali se ekološka kriza mogla sprečiti samo ako se shvati kao pitanje života na planeti Zemlji uopšte, a ne samo opstanka čoveka.

Nakon ekologije čoveka, pojavila se još jedna nova disciplina, **socijalna ekologija**. Ona istražuje odnose čoveka i njegove životne sredine, ali bez bioloških činilaca. To je društvena (sociološka) nauka, zasnovana na saznanjima iz oblasti ekologije čoveka.

1.1.2. Istorijat ekologije

Koreni ekologije su u prirodopisu, koji je star koliko i ljudi. Primitivna plemena, koja su zavisila od lova, ribolova, sakupljanja plodova iz prirode, nužno su posedovala znanja o tome kako i kada treba šta loviti ili brati. Razvoj zemljoradnje i stočarstva je povećao potrebu za poznavanjem praktične ekologije gajenih biljaka i domaćih životinja.

Spektakularne najezde štetočina, npr. skakavaca, su u Vavilonu i Starom Egiptu privlačile pažnju i objašnjavane natprirodnim silama. U Bibliji je egzodus usled najezde skakavaca objašnjen kao Božja kazna za Egipćane.

Međusobni odnosi između živih bića i ostale prirode su interesovali i antičke filozofe (Aristotela, Teofrasta, Hipokrata i dr.), u Starom Rimu pesnika Virgilija, filozofa Lukrecija... *

Ekologija je naučna studija o interakcijama koje određuju distribuciju i abundanciju organizama (Charles J. Krebs, 1994). Ova definicija olakšava praktični rad i svodi ga na pružanje odgovora na tri osnovna pitanja: **gde** organizmi koje istražujemo žive, **koliko** ih ima i **zašto**?

* Aristotel (Αριστοτέλης, 384–322 pre n.e.) je, npr., pokušao da u delu „Historia Animalium“ objasni najezde poljskih miševa i skakavaca. Zaključio je da je uzrok najezdi miševa visoka reproduktivna stopa, koja nadmašuje mogućnosti predatora (lisica, lasica i dr.) da redukuju broj poljskih miševa, a da jedino obilne kiše utiču da miševi rapidno nestaju.

Stari Grci su, zapravo, negovali shvatanje prirode, koje se današnjom terminologijom (po Egertonu, 1968) naziva **prirodna ravnoteža**. Ovaj koncept po kojem je priroda sačinjena tako da pomaže i štiti svaku vrstu, ugrađen je i u dela Herodota (Хρόδοτος, 484–425 godine pre n.e.) i Platona (Πλάτων, 427–347 godine pre n.e.). Povremena iskakanja u broju jedinki u nekim populacijama su tumačena kao đavolja posla.

Mali napredak u koncepciji se pojavio sa pojačanim interesovanjem za populacionu ekologiju. Graunt (John Graunt) je 1662. godine opisao promene brojnosti ljudskih populacija i može se smatrati ocem demografije. On je sagledao važnost određivanja stope rada, stope umiranja, polne i uzrasne strukture u ljudskim populacijama. Imao je velikih teškoća zbog nepostojanja podataka o stanovništvu. Procenio je da je u 17. veku stopa rasta broja stanovnika u Londonu duplirana za 64 godine, i to ne računajući imigraciju.

Levenhuk (Antonie van Leeuwenhoek, 1632–1723) je među prvima izračunao teoretsku stopu rasta za jednu životinjsku vrstu. Konkretno, on je 1687. godine, prebrojavši jaja koja polaze ženka strvinarske muve izračunao da bi jedan par ovih muva za tri meseca mogao da proizvede 746.496 novih mušica.

Bifon (Georges-Louis Leclerc, baron de Buffon; 1707–1788) je u „L’Histoire Naturelle“ (1756) dotakao mnoge i danas aktualne ekološke probleme. Shvatio je da populacije ljudi, životinja i biljaka podležu istim procesima. Na primer, razmatrao je kako se nasuprot velikoj fertilnosti svake vrste javlja nebrojeno mnogo destruktivnih pojava. Verovao je da su najezde populacija poljskih miševa delom regulisane bolestima i oskudicom hrane. Nije se slagao sa Aristotelovom idejom o snažnim kišama. Smatrao je da bi zečevi pretvorili polja u pustinje, kada ne bi imali predatore.

Maltus (Malthus) je 1798. godine objavio veoma protivrečnu knjigu o demografiji, „Esej o populaciji“ (Essay on Population). Računao je da broj organizama raste geometrijskom progresijom (1, 2, 4, 8, 16, ...), dok količina njihovih prehrambenih izvora aritmetičkom progresijom (1, 2, 3, 4, ...). Znači, proizvodnja hrane je ograničavajuća za stopu reprodukcije. To, zapravo, i nije bila nova ideja. Makijaveli je još 1525. godine izneo slično razmišljanje. Darwin je iskoristio Maltusovo mišljenje, kao jedan od temelja teorije prirodne selekcije.

Neki su, ispitujući Maltusove (Thomas Robert Malthus, 1766–1834) ideje, napravili različita predviđanja za ljudske populacije. Tako je 1841. Dabldej (Henry Doubleday, 1808–1875) objavio „Istinski zakon populacije“ (True Law of Population). On je verovao da kad god je vrsta ugrožena, priroda nađe rešenje povećanjem njene fertilnosti, dok vrste koje se najbolje hrane imaju najnižu fertilnost. Objašnjenje je bilo da su u pitanju efekti presnabdevenosti mineralnim materijama kod dobro hranjenih populacija. Dabldej je, zapravo, uočio činjenicu kojoj smo i sami svedoci – bogate države imaju nisku stopu rada. Ipak, njegova objašnjenja su bila sasvim pogrešna.

Posle Maltusa je poraslo interesovanje za matematičke aspekte u demografiji. Belgijski statističar Kvetelet (Lambert Adolphe Jacques Quetelet, 1796–1874) je 1835. godine sugerisao da je rast populacije kontrolisan faktorima koji deluju nasuprot rastu populacije. Njegov učenik, Verhulst (Pierre-François Verhulst, 1804–1849) je 1838. godine izveo jednačinu koja objašnjava početni rapidni rast i eventualnu ravnotežu u populaciji tokom vremena. Dobijena kriva oblika slova S je nazvana logistička. Ovo otkriće je izuzetan značajno sve do danas.

Britanski epidemiolog Far (William Farr, 1807–1883) je među prvim demografiima koji su razmatrali stopu smrtnosti (mortalitet). On je 1843. godine u Engleskoj otkrio zavisnost između lokalne gustine ljudske populacije i stope smrtnosti – veća populacija ima veću smrtnost. Osim toga, čak i ako bi stopa smrtnosti u Engleskoj stalno opadala tokom 19. veka, populacija ne bi automatski porasla, jer je bitan i uticaj stope rada. Far je izneo i da Maltusova postavka da se izvori hrane uvećavaju aritmetički, nije uvek tačna. Na primer, u SAD prizvodnja hrane raste geometrijski, odnosno brže od ljudske populacije.

Krajem 18. i početkom 19. veka dve ideje su dovele u pitanje do tada prevladavajuću ideju o prirodnjoj ravnoteži. Prva je da su mnoge vrste nestale, a druga da su resursi ograničeni, pa je kompeticija bitna u prirodi. Tako su izrazi „štedljiva ekologija“ i „prirodna ravnoteža“ polako ustuknuli pred novim, „prirodno odabiranje“ i „borba za opstanak“, protežiranim u delima Maltusa, Lajela (Lyell), Spensera (Spencer) i Darvina. Ipak, ideja o stabilnim prirodnim sistemima, uravnoteženim sa sredinom sve dok ih čovek ne poremeti, opstaje i danas.

Mnogi od prvih koraka u ekologiji su potekli iz primenjenih grana agronomije, ribarstva i medicine. Bitan izvor novih ideja je, npr., bilo istraživanje u vezi sa insektima štetočinama na žitima, pošto je regulacija brojnosti njihovih populacija bila u to vreme ključna. Porast nivoa znanja o insekatskim parazitima i predatorima je praćen brojnim introdukcijama širom sveta u cilju *biološke kontrole štetočina*. Medicinska istraživanja infektivnih bolesti poput malarije 90-ih godina 19. veka su sem doprinosa epidemiologiji, pomogla upoznavanju ekologije komaraca prenosilaca i razvoju

Međutim, ekologija u pravom smislu reči, se formirala znatno kasnije – tek u drugoj polovini XIX veka, a procvat doživela posle pedesetih godina XX veka, kada je prihvaćeno saznanje da čovek ne može prisvajati prirodu ne vodeći računa o zakonitostima koje vladaju u njoj, a da time ne ugrozi i uslove za svoj opstanak.

1.1.3. Faze u razvoju ekologije

Osnovne istorijske faze u razvoju ekologije (i pre njenog definisanja kao posebne nauke) su:

- proučavanje životne sredine pojedinih vrsta;
- proučavanje ekosistema;
- proučavanje međusobnog uticaja ekosistema;
- proučavanje biosfere i
- proučavanje položaja i uloge čoveka u biosferi.

populacione ekologije. Pionirski rad Rosa (Robert Ross) 1908. i 1911. godine je pokušao da matematičkom terminologijom objasni širenje malarije. U zaraženoj zoni, širenje malarije određuju dva neprekidna i simultana procesa – rast broja zaraženih ljudi i rast broja zaraženih komaraca. Matematičkim jednačinama prikazani ovi procesi izgledaju ovako:

$$\text{Stopa rasta broja zaraženih komaraca} = \left(\frac{\text{broj novih infekcija}}{\text{u jedinici vremena}} - \frac{\text{broj zaraženih koji su umrli u jedinici vremena}}{\text{u jedinici vremena}} \right)$$

↓
zavisi od broja zaraženih ljudi

$$\text{Stopa rasta broja zaraženih ljudi} = \left(\frac{\text{broj novih infekcija}}{\text{u jedinici vremena}} - \frac{\text{broj ozdravelih}}{\text{u jedinici vremena}} \right)$$

↓
zavisi od broja zaraženih komaraca

Ros je opisavši ekološki proces matematičkom formulom dao pionirski doprinos *sistemskoj analizi*.

Prepoznavanje zajednica živih organizama u prirodi datira od davnina, ali je prepoznavanje specifičnih odnosa između organizama relativno novo. Forbs (Edward Forbes, 1815–1854) je 1844. godine opisao raspored životinja u britanskim obalskim vodama i u zonama različitih dubina jednog dela Sredozemnog mora. Zabeležio je da su neke vrste nađene samo u jednoj dubinskoj zoni, a druge se maksimalno razvijaju u jednoj, ali prisustvuju i u drugim sličnim dubinskim zonama. Otkrio je dinamiku u međuodnosima organizama i sredine. Ako se sredina promeni, vrsta prisutna u njoj može da izumre, dok druga, naprotiv, može postati brojnija. Nemački zoolog Mebius (Karl August Möbius, 1825–1908) je 1877. godine izneo slične ideje u eseju o ostrigama, upotrebovši po prvi put u istoriji termin **biocenoza**.

U radu „Jezero kao mikrokosmos“ (The Lake as a Microcosm) objavljenom 1887. godine američki ekolog Forbs (Stephen Alfred Forbs, 1844–1930) je sugerisao da skup vrsta u jezeru jeste jedan organski kompleks i da se narušavanjem života jedne vrste izaziva lančani uticaj na sve te vrste. Svaka vrsta doprinosi interesu zajednice, pa se ekološka istraživanja ne smeju ograničiti samo na pojedinačne vrste.

Na istraživanja zajednica mnogo je uticao danski botaničar Warming (Johannes Eugenius Bülow Warming, 1841–1924) u radovima objavljenim 1895. i 1909. godine načevši temu o strukturi biljnih zajednica. Severnoamerički ekolozi su posebnu pažnju posvetili dinamici menjanja vegetacije. 1899. godine Kauliz (H. C. Cowwles) je opisao sukcesiju biljaka na peščanim dinama na južnom delu jezera Mičigen.

Pošto su definisani široki problemi u sferi ekologije populacija i zajednica, ekologija je konačno (negde oko 1900. godine) bila na putu da postane prava nauka. Njeni početci bili su u prirodopisu, demografiji, biometriji (statističkom pristupu) i praktičnim problemima agronomije i medicine.

U 20. veku razvoj ekologije je pratio ostale prirodne nauke. Borba naučnika da se shvati kako funkcioniše priroda je počela još od Lotke (Alfred James Lotka, 1880–1949), službenika u gradskoj osiguravajućoj kompaniji u Njujorku, koji je postavio temelj matematičkoj ekologiji, preko Eltona (Charles Sutherland Elton), britanskog ekologa, koji je 1927. godine objavio prvi udžbenik o ekologiji životinja i osnovao Biro za populacije životinja u Oksfordu, pa do savremenih shvatanja o delovanju ljudskih aktivnosti na ekosisteme.

Ljudi u praistoriji su bili najdirektnije zavisni od svog okruženja. Da bi preživeli, morali su da znaju sve ono što je za njih bilo važno da bi opstali u životnoj sredini: očekivane meteorološke prilike, hranljive i opasne biljke, gljive i životinje, prirodne načine samoizlečenja i dr. Razvoj ekologije je, dakle, počeo opisivanjem prirode, tj. to je bila prva faza, koja je nastavljena proučavanjem sredine u kojoj žive pojedine vrste i njihovog odnosa sa drugim vrstama. Drugim rečima, praistorija i prva dva milenijuma ljudske istorije su posvećena ekologiji vrsta koje su bile bitne ljudima u borbi za opstanak.

Sredinom dvadesetih godina dvadesetog veka počinje proučavanje zajednica vrsta, tj. počinje razvoj sintetičke ekologije. Otkrivaju se zakoni dinamike populacija međuzavisnih vrsta. Kreirana su dva osnovna pojma – **lanac ishrane i piramida brojeva**. Međutim, ekologija i dalje nije imala svoju osnovnu jedinicu proučavanja (poput atoma u fizici, ili ćelije u citologiji). Stoga je formulisan termin **ekosistem**. Prvi ga je 1935. godine upotrebio Tensli (Sir Arthur George Tansley, 1871–1955; sl. 189). Godine 1942. Lindeman (Raymond Laurel Lindeman, 1915–1942) je postavio osnove za proučavanje ekosistema kao složenog sistema kroz koji teče energija i odvija se ciklus ishrane preko svih njegovih živih i neživih komponenata. Ekosistem je shvaćen kao sistem jasno prostorno i vremenski određen, koji obuhvata one organizme koji ga nastanjuju, kao i fizičke uslove klime i tla, sva međusobna dejstva – različitih organizama i organizama i fizičkih uslova. Ekosistem predstavlja samodovoljnju živu zajednicu i njenu mrtvu fizičku okolinu, ima stalnu dinamičku ravnotežu i međuzavisnosti uslovljene razmenom materija i energije. Druga faza razvoja ekologije se bavi tim činiocima ekosistena.

U trećoj fazi razvoja ekologija proučava međusobni uticaj ekosistema, pre svega granične zone dva ekosistema. Međutim, određivanje granica među ekosistemima nije lako, jer su oni međuzavisni – razmenjuju energiju, imaju zajedničke lance ishrane, cirkulaciju kiseonika i ugljen-dioksida...

Ekosistemi jesu prirodno sposobni za samoregulaciju, ali istovremeno svi oni zajedno na Zemlji čine celinu, jedan globalni ekosistem nazvan **biosfera**. Proučavanje biosfere je četvrta faza razvoja ekologije. Permanentni procesi preobražaja materije i tokovi energije se odvijaju u okvirima svakog ekosistema posebno, ali kao strukturnih jedinica biosfere.

Nekoliko decenija nakon postanka i priznavanja ekologije kao nauke u svetu, naš poznati biolog – ekolog, Siniša Stanković (1892–1974) je ukazao da se ekologija razvila u samostalni sistem ideja, koji premošćuje tradicionalne barijere između prirodnih nauka (Stanković, 1933, 1939, 1940, 1954, 1962, 1968, 1977).

U petoj fazi razvoja, ekologija se usredsređuje na proučavanje čovekovog položaja u biosferi. Beskrajna raznovrsnost ekosistema i živog sveta na Zemlji nisu odraz nejedinstvenosti u biosferi, već raznovrsnih rešenja egzistencije živih bića u raznorodnim geografskim i ekološkim uslovima (zonalnim, regionalnim, lokalnim). Čovek menja prirodu i izaziva menjanje životnih zajednica oko sebe, a da uglavnom toga i nije svestan. Antropogeno menjanje prirode je izuzetno brzo.

Materija u prirodi ima sopstvene tokove i zakonitosti. Čovek pri svakom zahvatu mora dobro da razmisli kako će on uticati na neobnovljive prirodne resurse i na to koliko su de-lovanja razorna a koliko korisna, tj. da li će razorni efekti nadmašiti one proizvodne, korisne. Menjajući prirodno okruženje čovek je tokom istorije više puta uništio čak i sopstvene životne uslove. To se dešavalo u najrazvijenijim društvima: žitelji Mesopotamije, Stare Grčke, Perzijske, Rima, krčeći šume da bi dobili obradive površine, nisu ni sanjali da su time otpočeli puštošenje tih teritorija, jer su uništavanjem šuma nestajali i centri za sakupljanje i zadržavanje vlage.

Ljudi moraju shvatiti da ne vladaju prirodom kao robinjom. Naprotiv, oni svojim telom stoje u njenom središtu i dele njenu sudbinu. *Homo sapiens* (svesni čovek!!!) je samo jedna od više miliona ravnopravnih živih vrsta na planeti Zemlji. **Jedino preimućstvo čoveka**

je što kao svesno biće ima mogućnost da sazna, shvati i pravilno primeni prirodne zakone. Drugim rečima, pošto su prirodni resursi ograničeni, neophodan je razvoj ekološke politike, pogotovo u siromašnim zemljama. Ona treba da sadrži planove korišćenja prirodnih resursa, finansijske planove za očuvanje, regeneraciju i zaštitu prirode, zakonsko regulisanje korišćenja i parcelisanja obradivog zemljišta, mrežu institucija koje se bave zaštitom prirode i onih koje obrazuju stručne kadrove ili vaspitavaju stanovništvo za očuvanje prirode.

Da zaključimo: ekologija se razvijala i kao prirodna – biološka, i kao društvena – humanistička nauka. Danas univerzalni odnosi čoveka i prirode jesu predmet proučavanja i drugih nauka – sociologije, ekonomije, psihologije, prava, medicine i dr.

1.2. PODELA EKOLOGIJE

Ekologija u suštini proučava dva kompleksa faktora – biološki (bića) i fiziografski (neživo okruženje), kao i njihove zavisnosti.

Čovek, iako je od prvobitnog okvira života izgradio specifični kulturni okvir, i dalje jeste deo prirode, tj. jedna od vrsta u carstvu životinja. Njegov odnos, kao društvenog i svesnog bića, prema životnoj sredini se bitno razlikuje od odnosa drugih živih bića. Zakonitosti otkrivene proučavanjem životinja i biljaka se ne mogu jednostavno prenositi na čoveka i njegov odnos sa životnom sredinom.

Stoga je, shodno definisanju zadataka, ekologiju moguće podeliti na **ekologiju biljaka, ekologiju životinja i humanu ekologiju.***

Ekologija biljaka (fitoekologija) proučava odnose biljaka prema drugim biljkama i okolnoj sredini. U tu svrhu ona opisuje vegetacione i biljne kompozicije nekog područja, zanemarujući uticaj životinja na biljke. Ova naučna disciplina je starija i duže se razvijala nezavisno od druge dve.

Ekologija životinja (zooekologija, animalna ekologija) se bavi proučavanjem ekoloških potreba životinja, njihovih populacija, rasporedom, ponašanjem i odnosima između životinja i okolne sredine.

Ovakva podela ekologije je veštačka, tj. samo je plod potreba da se prirodne pojave lakše sagledaju i objasne. Biljna ekologija je metodološki daleko odmakla jer je priroda biljnog sveta pretežno statična, nevagilna (nepokretna, stacionarna). Pošto su životinje zavisne od biljaka kao hrane ili skloništa, tj. biljke čine deo spoljašnje sredine za životinje, ekologija životinja se ne može sasvim shvatiti bez adekvatnog osvrtanja na ekologiju biljaka. Odnose biljaka i životinja ispituju i fitoekologija i zooekologija, pa svoja saznanja spajaju u nauku koja proučava biocenoze (biocenologija) ili ekosisteme (ekosistemski ekologija, tj. ekosistemologija).

Ekologija čoveka (humana ekologija) proučava odnose čoveka prema životu i neživotu okolini. Prvi su ovaj termin spominuli 1921. godine urbani sociolozi, Amerikanci Bardžes (Ernest Watson Burgess, 1886–1966) i Park (Robert Ezra Park, 1864–1944), u delu „Introduction to Science of the Sociology“. Ekologija čoveka je najpre tretirana kao medicinska grana. Međutim, pošto se uticaji sredine na čoveka proučavaju i u tehnici, ekonomiji, pravu, arhitekturi, psihologiji i dr. (danас se razvija i politička ekologija!) širi se delokrug ove ekologije. Ona istražuje strukturu ljudskih zajednica u različitim habitatima (uslovima gde postoji mogućnost za kontinualnu ljudsku egzistenciju – hrana, klima i dr.).

* U ovakvim podelama nedostaju ekologija mikroorganizama i ekologija gljiva.

Predmet ekologije čoveka po jednima je uzajamni odnos između prirode uopšte i čoveka posebno, a po drugima uređenje prostora nastalog aktivnostima ljudskog društva. Humana ekologija, sve u svemu, istražuje četiri osnovne teme – stanovništvo, okolinu, tehnologije i organizaciju. Tako se ona može i definisati kao nauka o strukturi i razvoju ljudskih zajednica i društva sa stanovišta procesa prilagođavanja ljudskih populacija okolnoj sredini, uzimajući pri tom u obzir i tehnološke sisteme i obrasce društvene organizacije kojima je to prilagođavanje postignuto. Ona istražuje kako uticaj ekosistema na čoveka, tako i uticaj čoveka na ekosisteme i posledice koje se pri tome javljaju.

Na temeljima humane, nikla je **socijalna ekologija**. To je društvena nauka (sociološka), koja istražuje odnos čoveka i njegove životne sredine analizirajući društvene procese i odnose koji utiču na elemente čovekove životne sredine.

U javnosti je uvreženo mišljenje da je ekologija isto što i zaštita životne sredine, tj. da su ekolozi dežurni „držači metle“. Ili, još pogrešnije, da ekologija proučava čovekovu životnu sredinu. Metaforično možemo reći da je sredina ljudskoga tela pupak, međutim, na ruskom jeziku stomak se kaže život i to onda i nije metafora ako sagledamo razmere posledica nepromišljenih ljudskih aktivnosti, tj. kada se čovek stvarno postavi kao gospodar iznad prirode. Paradoks je da ovakvim stavom i shvatanjem ekologije čovek životnu sredinu sebično prisvaja, otima je od svih koji, po dužini prisustva na planeti Zemlji, imaju znatno starije pravo da budu njeni „vlasnici“.

Hegel je ukazivao: „**Samo ona svest koja je tek prekoračila životinjski nivo ima kao svoj osnovni sadržaj takvu žudnju za predmetima i takvu potrebu za dominacijom nad drugom osobom, koji se ne ustručava od razaranja.**“

Važno je zapamtiti da **EKOLOGIJA** i **ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE NISU JEDNO ISTO**. Ekologija je nauka, prevashodno biološka.



Sl. 3. – Shema funkcionisanja nauke

Šta naučnik radi? Postavlja pitanje, sakuplja podatke, formuliše hipotezu i na njoj razrađuje teorije, modele kojima testira hipotezu, možda je i revidira, da bi na kraju dobro definisane i prihvaćene hipoteze postale naučne teorije, a dobro testirani i podacima potvrđeni modeli zakoni o funkcionalisanju posmatrane pojave (sl. 3). Neretko u radu naučnik koristi *eksperimente*. Naučno zaključivanje može biti induktivno (pristup je od jednostavnog ka složenom, tj. sintetički) i deduktivno (od složenoga ka jednostavnom, tj. analitički).

Ekolozi su naučnici.

Zaštita i unapređivanje životne sredine su novonastale ljudske aktivnosti, nikle usled brojnih grešaka koje čovek čini nesmotreno trošeći i ugrožavajući prirodne resurse. Te aktivnosti su, uglavnom, usmerene na sanaciju počinjenih grešaka.

Brojni pokreti i organizacije za zaštitu i kontrolu životne sredine, koje organizuju razna udruženja, su zapravo ekologistički, a ne ekološki.

1.3. VEZE EKOLOGIJE SA DRUGIM NAUKAMA

Savremena *ekologija* je sintetička, multidisciplinarna nauka. Proučava uzajamne odnose ili interakcije između organizama i sredine, od kojih zavisi održavanje, tj. opstanak jedinki i populacija organskih vrsta. Konkretno, ona proučava raspored i gustinu naselja živoga sveta na pojedinim mestima, način života i ponašanje pod datim uslovima.

Ekologija kao sintetička nauka o odnosima živog i neživog ima izuzetno mnogo dodirnih tačaka sa drugim prirodnim naukama: **hemijom** (kako neorganskom, tako i svim oblicima organske, jer je svaki organizam za sebe mala fabrika koja iz sredine uzima sirovine, prerađuje ih, ugrađuje u sebe i emituje natrag suvišne, a kada ugine sva ta materija ostaje da cirkuliše u ekosistemu) i **fizikom** (uključujući čak i astronomiju, a očigledno npr. sa optikom i fizikom polja), **geografijom, orografijom** (naukom o reljefu), **geologijom** (naukom o stenama, mineralima; uključujući stratigrafiju, tj. nauku o geološkim formacijama iz pojedinih razdoblja istorije razvoja Zemljine kore, koja rekonstruiše uslove za život i pokušava da pretpostavi kakvi su oblici živog sveta postojali u nekadašnjim epohama), **pedologijom** (naukom o zemljištu), **hidrologijom, okeanologijom, meteorologijom** (pogotovo klimatologijom), ali i **matematikom, informatikom** (pogotovo u domenu konstrukcije modela koji demonstriraju prirodne sisteme) i dr.

Veza sa **medicinom** je očigledna i sve šira u domenu ekologije čoveka.

Međutim, razvoj ekološke misli je polako uveo ekologiju i u sferu društvenih nauka, pa ona ostvaruje veze sa **filozofijom, sociologijom, ekonomijom, psihologijom, politikologijom** i dr.

Ovom prilikom će izostati dublja analiza tih veza, a biće stavljen akcent na biološki aspekt ekologije.

Biološke nauke se definišu prema problemu koji proučavaju. U celini gledano, život je složena pojava, čije je osnovne strukture moguće podeliti na mikroorganizme, gljive, biljke i životinje. Shodno tome, biologiju kao nauku o životu, po objektima koje proučava, delimo na mikrobiologiju, mikologiju, botaniku i zoologiju, ili na još uže – virologiju, bakteriologiju, algologiju, lihenologiju, botaniku, protozoologiju, entomologiju, ihtiologiju, herpetologiju, ornitologiju, mamologiju i dr. Ekologija se nužno mora naslanjati na **biološku sistematiku**, jer treba da zna gde pripada objekat koji proučava. Često se srodne vrste ili, čak, rase iste vrste međusobno ekološki razlikuju. Na primer, miš humkaš (*Mus hortulanus*) i kućni miš (*Mus domesticus*) se razlikuju po tome što prvi gradi zalihe hrane od zrnavlja i stabljika žitarica tako što po više jedinki pravi zajedničku kupu visine 1 m, a prečnika 2 m, ispod koje se, kao ispod zajedničkog krova, krije splet hodnika i gnezda sa većim brojem otvora, dok kućni miš ne pravi humke.

Ekologija ima dodirnih tačaka i sa **morfologijom** (koja proučava spoljašnju građu organizama i njenim ograncima **citologijom, histologijom i anatomijom**, koje proučavaju unutrašnju građu), **fiziologijom sa biohemijom** (proučavaju životne procese i funkcije u organizmu i njegovim delovima – organizma, tkivima i ćelijama, a takođe i funkcionalne reakcije organizama i njihovih delova na različita unutrašnja i spoljašnja dejstva), **genetikom** (istražuje nasledne pojave u živom svetu), **organskom evolucijom, embriologijom i naukom o razvici, etologijom** (naukom o ponašanju životinja), **biogeografijom...***

* Pošto su svi životni procesi direktno ili indirektno zavisni od uslova sredine, i druge biološke discipline zapravo tretiraju odnos organizam – sredina. Najučljivija je zavisnost fizioloških procesa od uslova, jer energija potrebna za životne procese dolazi spolja. Veza fiziologije i ekologije je tesna. Postoji i naučna disciplina **ekofiziologija**, tj. fiziološka ekologija. Ali postoji razlika: fiziologija tretira delove individualnih organizama, dok ekologija, proučava reakcije organizma kao celine na sredinu. Na primer, problem stresa, fiziologija tretira istražujući njegov mehanizam, dok ekologija razmatra uslove pod kojima je stres nastao. Ili, recimo, pojavu disanja riba dvodihalica (južnoamerički rod *Lepidosiren*, australijski *Ceratodus*, afrički *Protopterus*) ekologija posmatra kao adaptivni prelazak sa disanja na škrge u vodi na plućno disanje atmosferskog kiseonika, radi preživljavanja u izmenjenim uslovima življenja, ne upuštajući se u mehanizme disanja, već to prepušta fiziologiji. Ili, drugi primer: priroda i mehanizam fotosinteze planktonskih algi u morima i jezerima se kao fiziološki problem studira primenom radioaktivnog ugljenika, a ekologija određuje tempo i visinu reakcije fitoplanktona pod datim temperaturnim, svetlosnim i dr. spoljašnjim uslovima.

Tok razvića i rasta organizama su često dirigovani spoljašnjim faktorima. Spoljašnje manifestacije deluju na čula životinja i reaktivni sistem biljaka i u znatnoj meri određuju njihovo ponašanje. Spoljašnji faktori utiču i na genetički sistem. Čitava organska evolucija je tekla u skladu sa spoljašnjom sredinom.

Veze ekologije, genetike i organske evolucije su jasne. Specifične odlike svake organske vrste su rezultat interakcije nasleđa i sredine. Genetika, koja proučava mehanizme nasleđnih procesa u organizmima, nužno se oslanja na ekologiju u delu ispitivanja dejstva sredine na organizam. Genetička varijabilnost unutar vrste u znatnoj meri zavisi od gustine populacija i njenih kolebanja. Tako npr., u izolovanoj koloniji malog šarenog leptira *Papilio aurinia* Rottemburg, 1775. [*Euphydryas aurinia* (Rottemburg, 1775) prema najnovijoj sistematici] u Engleskoj, čija se brojnost veoma kolebala u toku niza godina, zapaženo je variranje telesnih svojstava (veličina i oblik tela) u godinama kada su bile velike gustine populacija, dok su telesni karakteri bili konstantni u godinama normalnih brojnosti. Sa periodičnim kolebanjem gustine populacije menja se ne samo intenzitet, nego i pravac selekcije. U godinama niske brojnosti, zečevi u Kanadi podležu selekciji u pogledu nepovoljnijih uslova i u pogledu mogućnosti mužjaka da nađu ženke. U godinama visoke brojnosti selekcija deluje u pravcu otpornosti prema zarazama i sposobnosti mužjaka da u kompeticiji sa suparnicima dodu do ženke. Jedan od osnovnih faktora divergentne evolucije je izolacija populacija, jer svaka od populacija iste vrste tada evoluira pod drugaćijim ekološkim uslovima, u pravcu formiranja nove podvrste ili vrste. Izolovanost populacija istovremeno počiva na prostornim i ekološkim faktorima. Tako, npr., u Ohridskom jezeru endemična vrsta oligohete *Peloscolex stankovici* Hrabe, 1931 [*Embocephalus stankovici* (Hrabe, 1931), po najnovijoj sistematici] ima tri populacije: litoralis naseljava dno obalske zone jezera, sublitoralis je u srednje dubokom delu, a typicus je ograničena na dubinsku zonu. Ove tri jezerske zone dna se ekološki medusobno znatno razlikuju, pa je svaka od njih ekološka barijera za populacije iz susednih zona. Ili primer slepog kučeta *Spalax leucodon* (Nordmann, 1840) [*Nannospalax leucodon* (Nordmann, 1840) po najnovijoj sistematici], koje na teritoriji bivše Jugoslavije ima devet različitih tipova kariotipa u populacijama sa raznih područja. Ove populacije su prostorno relativno bliske, ali su reproduktivno izolovane i izdvojene u zasebne forme.

Veoma prisna je veza ekologije i **biogeografije**. Današnja slika rasprostranjenja živih vrsta na planeti Zemlji je rezultat kako istorijskih, tako i ekoloških faktora. Na primer, prisustvo planarije u hladnim planinskim izvorima se objašnjava naseljavanjem ove vrste od pre glacijalnog perioda do danas, a njeno odsustvo u toplim nizijskim vodama se tumači savremenim ekološkim prilikama. Ili npr., čubasta ševa *Galerida cristata* (Linnaeus, 1758) ima evroazijsko rasprostranjenje, ali njena severna granica, koja se poklapa sa trajanjem snežnog pokrivača od 140 dana, je ekološki uslovljena, jer ova ptica pri dužem trajanju snega nema na raspolaganju dovoljno hrane sa tla. Biogeografija uzima u obzir ekološke specifičnosti organizma čije rasprostranjenje ispituje. Biljke su u ogromnoj većini vezane za podlogu i njihova zavisnost od uslova nežive sredine (klimatskih i geografskih) je znatno više ispoljena nego kod životinja. Time se objašnjava činjenica da je fitoekologija spojena sa fitogeografijom u jednu naučnu granu. Međutim, treba razlučiti da zadatak biogeografije nije da izučava ekološke specifičnosti organizma, već ona koristi gotove rezultate ekologije da bi objasnila biogeografske pojave. Biogeografija istražuje i istoriju naseljavanja vrsta u jednoj geografskoj oblasti, njihovo geografsko poreklo, vreme i puteve njihovog rasprostiranja, kao i poreklo geografskih grupacija, tj. flore i faune. Drugim rečima, biogeografiju interesuju sistematske jedinice i njihovo rasprostranjenje u funkciji prostora i vremena. Ekologija, međutim, vodi računa o adaptivnim tipovima i njihovom odnosu prema uslovima sredine, a u drugom redu u kakvoj se geograf-

Međutim, za razliku od navedenih disciplina, **ekologija nema zadatku da istražuje prirodu mehanizama delovanja sredine na organizme**. Nju pre svega interesuje značaj interakcija organizama i sredine za održanje organskih vrsta u prirodi, pa ona proučava **zakonitosti na kojima ti odnosi počivaju**. Ekologija ide i iznad nivoa individue, spoznajući zakonitosti na kojima se zasnivaju i održavaju zajednice organizama kao realni biotički sistemi, pošto su bića u prirodi uzajamno uslovljena i ne funkcionišu izolovano.

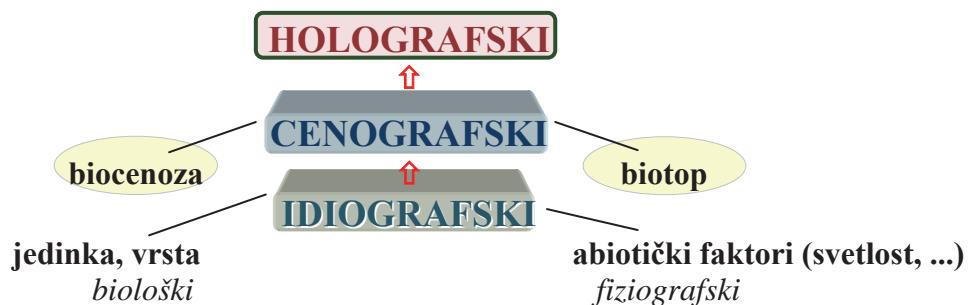
1.4. NIVOI ISTRAŽIVANJA U EKOLOGIJI

Prvi nivo u ekološkim analizama je ***idiografski***. Istražuje odnose na nivou individue. Na primer, odnos leptira kupusara i kupusa (tj. konkretno recimo kako na životinju utiču temperatura i vlažnost sredine, svetlost, paraziti, patogene Sporozoa, virusi itd.). Ovi odnosi su relativno jednostavni, neposredni. Na ovom stupnju istraživanja fitoekologija i zooekologija idu samostalnim putevima, zbog brojnih razlika između biljaka i životinja (najupadljivija je da su biljke mahom stacionarne, tj. najbitnije im je da na samom početku života dospeju u adekvatnu sredinu, a životinje su uglavnom pokretne i tokom života mogu da menjaju ne samo mesto boravka, nego čak izgled, ishranu i dr.).

Drugi je ***cenografski*** stepen. Analizira odnose na nivou zajednice. Biotop i biocenoza grade ekosistem u kom kruži materija i protiče energija, a sposoban je da se sam reguliše.

Treći je ***holografski*** nivo (gr. holos – ceo, sav, čitav). Bavi se sintetičkim razmatranjem bioma sa aspekta ekonomije, produktiviteta. Ovde više nema odvojenog biološkog i fiziografskog aspekta.

Shematski bi se to moglo prikazati na sledeći način:



1.4.1. Ekološke discipline

Ekologija kao nauka se može podeliti na više načina. Ako se bazira na nivoima istraživanja, mogu se izdvojiti autekologija i sinekologija.

Autekologija (**idioekologija** ili **analitička ekologija**) proučava jednostavne odnose na idioološkom nivou, tj. odnose jedinke prema abiotičkim i biotičkim faktorima sredine. Nekada je nazivana „biologija krompirove zlatice“. Postoji još nekoliko sinonima koji se redje koriste. Osnovni postupak koji ova nauka koristi je **analitički**.

Sinekologija (**sintetička ekologija**) u istraživanjima primenjuje **sintetički** postupak, koji uključuje tri stupnja.

sko oblasti javljaju i za koje su organske vrste vezani. Na primer, pustinjski organizmi u Africi, Aziji i Australiji imaju slične adaptacije, što konstatiše ekologija, dok biogeografija utvrđuje sastav, poreklo i istoriju životnih zajedница (flore i faune) svake od tih pustinjskih oblasti. Fauna i flora u bilo kojoj oblasti su istorijski formirane grupacije vrsta, u čijem nastajanju su podjednako učestvovali istorijski i ekološki faktori. Istorijском tumačenju biogeografskih činjenica mora prethoditi brižljiva ekološka analiza. Pored toga i ekologija se naslanja na biogeografiju, naročito kada tumači prisustvo ili odsustvo nekih adaptivnih tipova u nekoj sredini.

Prvi stupanj proučava skupove jedinki iste vrste, tj. na nivou populacije. Naučna disciplina koja se njime bavi je demekologija. **Demekologija** je ekologija populacije jedne vrste (grč. demos – populacija, narod). Češće se zove **populaciona ekologija** (lat. populus – narod, naselje, stanovništvo). Nalazi se na granici autekologije i sinekologije. Ona, posmatrajući jedinke, prati strukturu i dinamiku populacija zavisno od uslova sredine.

Drugi stupanj istraživanja u sinekologiji kao težište ima skupove populacija različitih vrsta biljaka i životinja, koje naseljavaju jedan prostor, tzv. životne zajednice, odnosno biocenote. Stoga se ovaj ogrank ekologije zove **biocenologija** (gr. bios – život; gr. kainos – zajednički, nov). Faktori sredine se na ovom nivou ne posmatraju pojedinačno, nego kao kompleks koji odlikuje biotop. Razdvajanje biljne od životinjske ekologije ovde je neopravданo, gledano sa aspekta realno postojećih odnosa u prirodi, ali je metodološki dopušteno odvojeno ispitivanje fitocenoza i zoocenoza.

Treći, najviši stupanj istraživanja u sinekologiji je ispitivanje ekosistema, kao jedinstva organizama (bioceneze) i biotopa. Naučna disciplina koja se ovim bavi je **ekosistemská ekologija** tj. **ekosistemologija**. Pošto uključuje i neživo, ovaj deo ekologije nije čisto biološka, već interdisciplinarna, mostovna nauka sa pedologijom, geochemijom, biohemijom, biofizikom i dr.

Savremena ekologija se razvija u samostalan **sintetički** sistem ideja sa multidisciplinarnim pristupom prirodnim pojavama. Otac moderne ekologije, **Odum** (Eugene Pleasants Odum, 1913–2002) u knjigama „Fundamentals of Ecology“ (1953), „Ecology: The Link Between the Natural and the Social Sciences“ (1975) i „Ecology: The Bridge Between Science and Society“ (1997), ekologiju smatra **vezom između prirodnih i društvenih nauka**. Ekologija nije između pojedinih nauka, već predstavlja novu, integrativnu naučnu disciplinu, sintezu mnogih do sada stečenih ljudskih znanja.

1.5. OSNOVNE KATEGORIJE I POJMOVI U EKOLOGIJI

Apstrakcija je zamisliti bilo koji organizam van sredine u kojoj zadovoljava životne potrebe (npr. ribu van vode). **Životna sredina** se definiše različito. U anglosaksonskoj grupi jezika reč „environment“ označava i okolinu i sredinu. Jedna od definicija bi mogla biti da je ona ukupnost uticaja koji modifikuju i određuju razvoj života. Druga je određuje kao skup međusobno povezanih uslova prisutnih u nekom okruženju. Jednostavnije rečeno, **životna sredina predstavlja sveukupnost žive i nežive prirode van organizma**. Ona nije prostorno statična struktura, goli prostor naseljen živim organizmima, već organizovan, kompleksni sistem (Đukanović, 1991).

Sredina u odnosu na organizam obuhvata ne samo elemente neorganske prirode (fizičke i hemijske), nego i žive makrosisteme (populacije i bioceneze) kojima on pripada. Drugim rečima, na život svake jedinke utiču neživo i živo okruženje [temperatura, vlažnost i dr. klimatski faktori, faktori zemljišta ili okolne vode (ako je vodena vrsta u pitanju), svetlost, hemijski sastav sredine, drugi organizmi – kako predatori, simbionti, paraziti, patogeni, tako i biljke, plen, pripadnici iste vrste i dr.]. Svi ovi činioci se označavaju kao **ekološki faktori**.

Kao otvoreni sistemi, živa bića su u stalnom procesu razmene materije i energije sa spoljašnjom sredinom. Rast, razviće, razmnožavanje i ponašanje organizama, kao i rasprostranjenje i gustina njihovih naselja zavise od spoljašnjih uslova. Evolutivni razvoj je u suštini prilagođavanje sredini borboma za opstanak i selekciju.

1.5.1. Stanište i biotop

Stanište (habitat) je ne baš jasan biološki pojam, iako se često upotrebljava. Definišan je jedino kada kažemo odgovarajuća bioceneza se razvija na odgovarajućem biotopu, stra-

tocenoza na stratumu, horiocenoza na horiumu, merocenoza na nekom biljnom delu. Drugim rečima, stanište kao pojam koji se **vezuje za vrstu**, može biti veće ili manje od biotopa – nežive sredine u / na kojoj se razvija određena životna zajednica. Na primer, ako uporedimo šta bi bilo stanište, a šta biotop za jednu amebu u jednog zeca, koji žive u istoj hrastovoj šumi, zaključili bismo da je za amebu stanište prostorno znatno uže od biotopa hrastove šume čijem ekosistemu pripada, dok je za zeca stanište mnogo šire od biotopa te hrastove šume (pošto on svoje životne aktivnosti obavlja u još mnogo drugih biotopa, poput livade, bašte, potoka, pašnjaka i dr.). Kada se kaže da je životno stanište potočne pastrmke potok, ne podrazumeva se samo abiotička komponenta, već potok kao ekosistem.

U okviru biosfere je moguće izdvojiti prostorno ograničene delove okarakterisane posebnim kombinacijama faktora. To su **biotopi**. Termin potiče od grčkih reči bios – život i topos – mesto.

Biotopi se razlikuju po tome što je svaki od njih naseljen posebnom zajednicom biljnih i životinjskih vrsta (**biocenozom**), kojoj odgovara kompleks određenih abiotičkih životnih uslova. Životni uslovi, a posledično i životne zajednice, npr. u jezeru i potoku se razlikuju, iako su oba slatke vode, a tek kolike su razlike između npr. peščane pustinje i prašume.

Biotopi se razlikuju i po veličini.

Treba voditi računa i ne poistovećivati pojam areala sa pojmom biotopa. **Areal** je geografski termin. Predstavlja ukupan prostor u kojem se javlja jedna organska vrsta (ili drugi takson – rod, familija, red, klasa itd.). On može imati više različitih biotopa (lisica npr. živi i u stepskim, ali i šumskim predelima, pa i tundri).

Retko su životni uslovi uniformni na čitavom prostoru jednog biotopa. Uglavnom su prisutne vertikalna (spratovna) i horizontalna diferencijacija. U jezeru se, npr., po vertikali razlikuju dubinske zone, a po horizontali smenjuju tipovi dna – kamenita, peskovita, muljevita.

1.5.2. Nivoi organizacije živoga sveta i hijerarhija ekoloških sistema

Organizam / organizmi, tj. **živa bića** su osnovni subjekat u ekologiji. Drugim rečima, oni su u korelaciji sa životnom sredinom izraženom preko skupova ekoloških faktora (staništa i biotope) glavni predmet proučavanja nauke ekologije.

U savremenoj biologiji doskorašnja analitičko-sumativna koncepcija žive prirode kao prostog zbira izolovanih jedinki ukopljenih u celokupnu neorgansku prirodu ustupa mesto modernoj koncepciji hijerarhijskog poretku integracionih stupnjeva, koji predstavljaju organizovane biotičke sisteme, gde uvek viši uključuje niže, subordinirane sisteme. Mogu se izdvojiti četiri osnovna integraciona nivoa, tj. sistema:

1. **ćelija** kao organski kompleks makromolekula;
2. **višećelijski organizam (jedinka)** kao višećelijski kompleks;
3. **populacija** kao skup jedinki jedne organske vrste;
4. **biocenoza** ili **životna zajednica** kao integrисани sistem većeg broja populacija različitih organskih vrsta.

Ovi sistemi su proizvod evolucije. Usled polimerizacije molekula nastala je ćelija kao elementarni živi sistem. Proces umnožavanja ćelijskih jedinica je omogućio pojavu višećelijskih organizama. Nijedan organizacioni stupanj nije značajniji od drugih, niti je moguće postaviti oštре granice između njih.

Na nivou ćelije i višećelijskog organizma se ostvaruje najviši stepen integrisanosti živih sistema, u kojima su sastavne komponente potčinjene nedeljivoj celini. U ovim visoko integrisanim kompleksima se najbolje manifestuju bitne odlike biotičkih sistema, a to su **auto-organizacija, autoreprodukacija i autoregulacija** unutrašnjih procesa. Zato su upravo ćelija i višećelijski organizmi, tj. jedinke, objekti istraživanja većine bioloških disciplina. **Studije**

nadindividualnih sistema (populacija i biocenoza) spadaju u domen ekologije (sl. 4). Stepen njihove integrisanosti je znatno slabiji nego što je između ćelija u višećelijskom organizmu, ali ovi biotički makrosistemi ipak predstavljaju organizovane celine, sa sposobnošću da samoodržavaju i regulišu same sebe.

Tako se slika sveta gradi u vidu složene celine, izgrađene od hijerarhijski naslaganih komponenti, povezanih spletom odnosa, a sposobnih da se svaka za sebe održe u dinamičkom ravnotežnom stanju, tzv. **homeostazi**. Postojanje posebnih unutrašnjih mehanizama za regulaciju unutar svakog sistema, omogućilo je njihovo celishodno reagovanje na informacije primljene posredstvom unutrašnjih stimulusa i signala. Kompleks regulatornih mehanizama nižeg, podređenog nivoa se integriše u regulatorni kompleks sistema višeg reda, koji time postaje kvalitativno različit. Otuda za homeostazu svakog nivoa važe posebne zakonitosti.

1.5.2.1. Organizam

Na primeru organizacionog sistema jednog organizma (svejedno da li je jednoćelijski ili višećelijski) ove zakonitosti bi se mogle opisati na sledeći način. Organizam i sredina u kojoj on živi **konstatno** uspostavljaju interakcije. Svaki organizam ima **trajne, obavezne** (obligatne), **neraskidive, specifične** odnose sa sredinom. Odnosi su veoma **dinamični**, jer su uslovi u spoljašnjoj sredini permanentno promenljivi u prostoru i vremenu, a živa bića im se prilagođavaju. Ti su odnosi, zapravo, interakcije između dva otvorena sistema – organizma i sredine. Jedinka (organizam) predstavlja veoma komplikovan, otvoren sistem, koji na spoljne promene reaguje kao celina. Na život jednog šarana, npr. mogu fatalno delovati promena pH ili saliniteta (koncentracija rastvorenog NaCl) u vodi, ako pređu granice njegove toleancije. Svaka jedinka teži da održi sopstveni integritet, ali je istovremeno i otvorena za uticaje sredine. Između ovih dveju sposobnosti je uspostavljena fina dinamička ravnoteža.

Ekološki faktori ne deluju nezavisno, već kao kompleks faktora. Mogu izazivati stimulativne i destimulativne efekte. Suša, npr. nije samo deficit vlage. Nju će neki organizmi bolje, neki lošije podneti, a neki joj i podleći.

Osim toga, ekološki faktori mogu na bića delovati **direktno i indirektno**.

Oblici odnosa i veza individua nisu univerzalni u živom svetu.

1.5.2.2. Homotipski kolektivi organizama

Osim odnosa jedinke i sredine, postoje i odnosi između jedinki iste vrste. Naime, vrsta ne može da egzistira u vidu jedne jedinke. Za opstanak vrste je neophodno da je moguća reprodukcija jedinki koje joj pripadaju, njihova ishrana, zaštita, što sve zahteva život u grupi.

Postoje takvi živi sistemi gde su jedinke sijamski fizički povezane u kolonije (sunderi, korali, briozoe) i nadražaj jedne dovodi do reakcije svih. Iglicom nadražena jedna jedinka cilijske protozoe *Zoothamnium* izaziva grčenje cele kolonije. Takav živi sistem se naziva **kor-mus**.

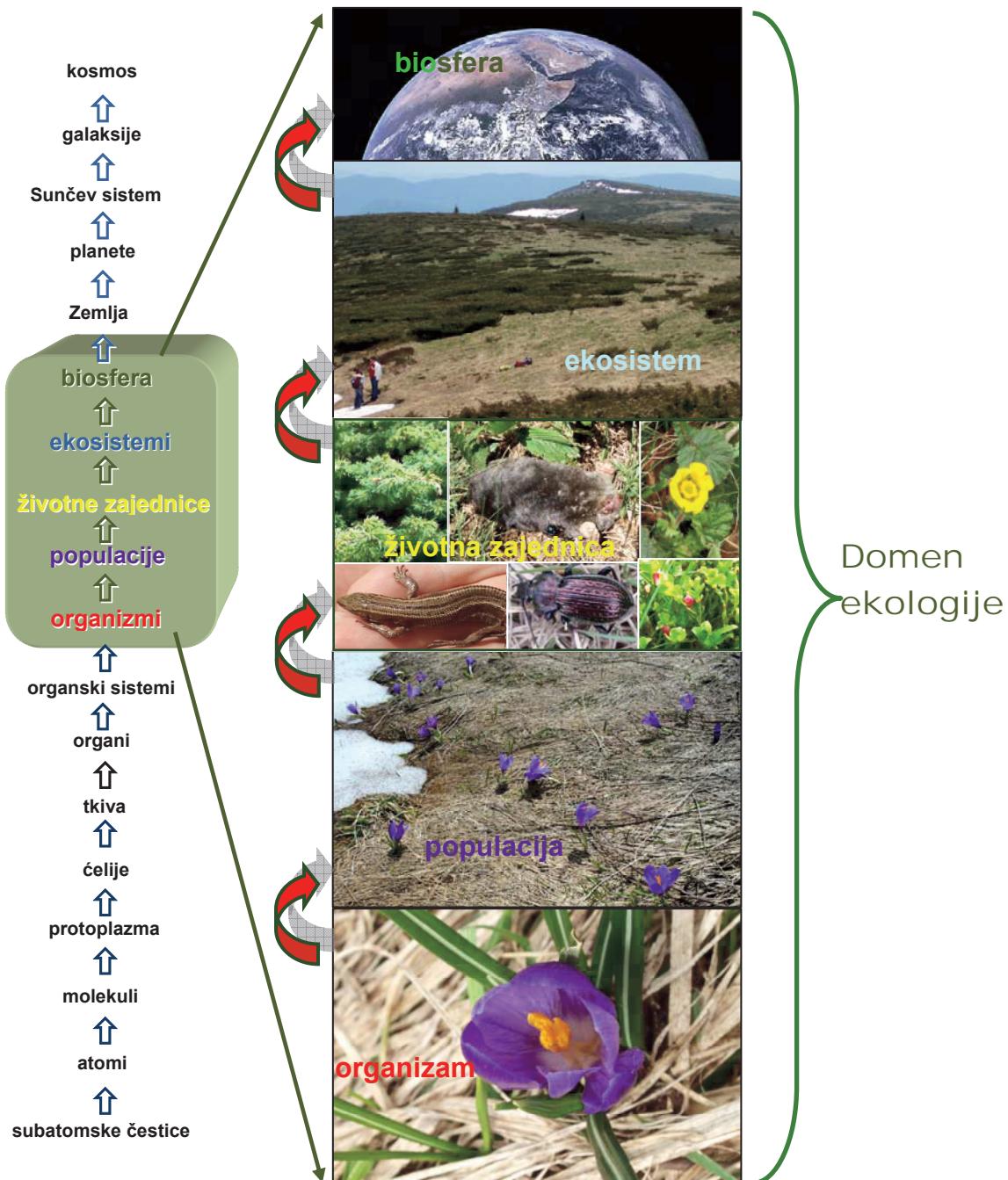
Između individua socijalnih insekata (pčele, ose, mravi, termiti) postoje psihičke veze, tj. specifična socijalna struktura (kaste), stroga organizacija i podela posla. Ovakva društva se nazivaju **socije**.*

Međutim, u živom svetu najčešće homotipske (istovrsne) grupe organizama su **populacije** (npr. krdo, stado, jato, čopor i sl.). U homotipskoj grupi postoji masa odnosa: sa neživotom sredinom, sa predatorima, bolestima, virusima itd., ali i međuodnosi individua koje čine grupu.

Jedinka sama ne može opstati. Od potencijala vrste da se razmnožava zavisi kako će odreagovati ako se brojnost populacije spusti ispod minimuma neophodnog za opstanak. Tako će, npr., samo jedna gravidna ženka pacova moći da zasnuje novu populaciju, jer se ta vrsta

* Napomena: U životu pčela se smenjuju funkcije koje obavljaju.

množi brzo i u velikom broju. Dotle drugoj vrsti ni hiljade introdukovanih jedinki neće biti dovoljno da se populacija revitalizuje.



Sl. 4. – Domen proučavanja ekologije (na primeru ekosistema vriština na Staroj planini; foto S. Pešić, 2010)

Složeni odnosi omogućavaju širenje populacije (ekspanziju), ili, naprotiv, njeno smanjivanje. Širenjem populacija može postati i rasadnik novih populacija.

Na populaciju (rast, razvoj i propadanje) utiču dve grupe faktora – spoljašnji i unutrašnji. Uticaji faktora osciluju – čas su povoljni, čas nepovoljni, pa brojnost populacije osciluje u vremenu i prostoru.

1.5.2.3. Heterotipski skupovi i kolektivi organizama

Povezanost i međuzavisnost skupina istovremeno na jednom prostoru prisutnih različitih organizama može biti različite čvrstine i trajnosti.

Veza u **konglobaciji** (skupu organizama privučenom nekim atraktantom) je slaba. U pitanju je skup pripadnika različitih vrsta, koji je nastao pod specifičnim uslovima, a inače u prirodi ne egzistira kao celina. Recimo, noćni leptiri i drugi insekti sakupljeni oko svetiljki u letu. Ili, drugi primer: ribolovci koriste svetlost kao mamac da privuku ribe.

Agregacija je skup životinja formiran bez njihove volje, pod uticajem spoljnih sila. Na primer, naplavine uz reke posle bujica, vетrom u gomilice nanete razne životinjice i biljke, grupe jedinki raznih vrsta u podnožju litica, koje su tu dospele pošto su se iz bilo kog razloga otkačile sa stena itd.

Konglobacije i agregacije nisu kolektivi organizama, nego slučajno ili silom prilika nastale skupine. Za razliku od njih heterotipske populacije i biocenoze jesu kolektivi.

Heterotipske populacije su sačinjene od individua različitih vrsta, uklapljenih tako da funkcionišu kao jedna celina, koja se održava, članice se dopunjaju, usaglašavaju i međusobno su zavisne. To je sredina na višem nivou integracije od homotipske populacije. Na primer, neretko govoreći o nekom jezeru kažemo „ribe toga jezera“, a mislimo na populacije svih ribljih vrsta koje u njemu žive.

Biocenoza (životna zajednica) je visoko integrisan, heterotipski (od raznih vrsta) kolektiv vezan za jedan biotop. Prvi je 1877. godine ovaj termin upotrebio nemački zoolog Karl August Möbius (1825–1908). Biotop je živim bićima naseljeni deo prostora okarakterisan specifičnom kombinacijom ekoloških faktora i većom ili manjom ravnometernošću u pogledu njihovog intenziteta i ritma menjanja u vremenu. Između biocenoze i biotopa se odvijaju permanentne materijalne i energetske razmene, pa su oni uzajamno uslovljeni i neodvojivi.

Biocenoza kao najviši biotički makrosistem u sebe uključuje jedinke živih bića i njihove populacije. Osim toga, ona obuhvata odnose jedinki prema sredini, jedinki unutar jedne vrste (tj. populacije), i jedinki raznih vrsta (ma kako čudno izgledalo, leptir kupusar u fazi gusenice, kišna glista, krtica, rovac i poljska ševa na jednoj livadi su u izvesnim odnosima, pozitivnim ili negativnim). Isključivanje jedne populacije izaziva nepredvidive reakcije u biocenozi. Ovo najbolje ilustruju razni promašaji i propusti koje je čovek uzrokovao. Na primer, riba iz familije Centrarchidae, sunčica *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), je iz Amerike doneta u Evropu, prenamnožila se u rekama i pravi štete jedući ikru šarana i drugih riba. Dvodomal alga *Vallisneria spiralis* (Linnaeus, 1758) je takođe doneta iz Amerike. Pošto se razmnožava i vegetativno, enormno brzo se širi uništavajući prirodne biocenoze u jezerima poput Ohridskog. Greškom jednom uneta, sada onemogućava razvoj tamošnje stare biocenoze – neki elementi stare zajednice se povlače, nestaju.

Biocenoza je visoko integrisani sistem koji se polako komponovao i formirao kroz istoriju. Najbolji dokaz je što sama zajednica može da reguliše svoj sastav. Na primer, u jednoj evropskoj listopadnoj šumi vekovima se u dinamičkoj ravnoteži održavaju brojnost i veličina populacija biljaka, herbivora (biljojeda), karnivora (mesojeda) i razлагаča.

Biocenoza nikada nije monotona. Čini je više **stratocenoza** (spratova). Tako na primer u listopadnoj šumi umerene klimatske zone (poput ove kojoj pripada Srbija) to su sprat drveća (ponegdje se mogu izdvojiti spratovi visokog i niskog drveća), grmlja (i on može biti raslojen na visoko i nisko), sprat zeljastih biljaka, potom mahovina, slojevi tla „A“ (stelja, tj. sloj u kojem se razlaže opalo lišće), „B“ (kumulativni sloj u koji dospevaju materije sprane padavinama iz sloja „A“) i „C“ (materinska stena, tj. geološka podloga na kojoj se postepeno, raznim procesima formira zemljište). Svaka vrsta obitava u svom spratu. Kišnu glistu, npr. nećemo tražiti u sloju „C“, ili na vrhu drveta, već u stelji, tj. sloju „A“, ili u „B“.

Manji strukturni delovi biocenoze, sačinjeni mahom od nekrofaga i detritofaga, vezuju se za trule panjeve, leševe i sl. To su **horiocenoze**.

Još sitnije grupacije u okviru biocenoze su specifične skupine životinja u cvetovima, plodovima, listovima, pod korom i sl. mestima, sa posebnim mikroklimatskim uslovima. To su **merocenoze**.

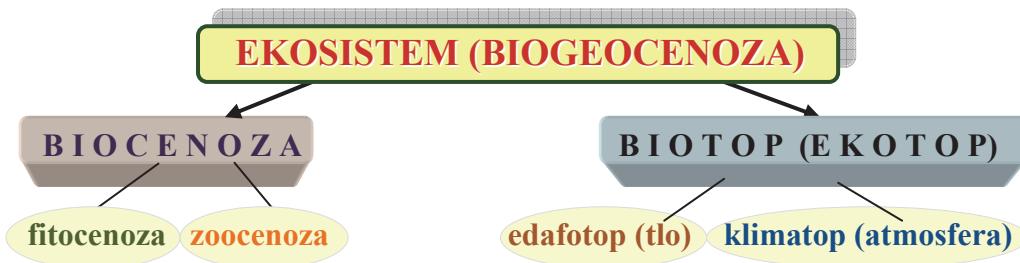
Veštački, isključivo zbog dugotrajne podele biologije na botaniku i zoologiju, i praktične nemogućnosti da jedan istraživač vlada potpuno obema (nedostaju taksonomska znanja, tj. nemoguće je istovremeno dobro poznavati sve vrste iz svih carstava živoga sveta na mankoj lokaciji), biocenoza se u istraživanjima deli na fitocenozu i zoocenozu. **Fitocenoza** (biljna zajednica) predstavlja skup svih biljnih, a **zoocenoza** (zajednica životinja) svih životinjskih vrsta u jednoj biocenozi (na jednom biotopu). Očigledno, već ovakvomodelom su zapostavljeni ogroman mikrosvet (**mikrobiocenoze**) i **mikocenoze** (zajednice gljiva).

1.5.2.4. Ekosistem

Ekosistem je prvi, 1935. godine, definisao engleski biolog Tensli (Sir Arthur George Tansley, 1871–1955; sl. 193). To je prirodni kompleks koji objedinjuje živu (biocenozu) i neživu komponentu (supstrat na/u kojem zajednica živi, tzv. biotop), između kojih se vrši materijalna razmena. U ovom sistemu materija kruži u ciklusima (azot, ugljenik, kiseonik, sumpor, gvožđe itd.), a energija protiče. Biljke iz biotopa izvlače elemente, koji mu se opet vraćaju posle razlaganja uginulog i odbačenog materijala. Neki ciklusi mogu privremeno biti isključeni iz sistema (npr. naslage uglja predstavljaju ugljenik privremeno isključen iz ciklusa kruženja; tek sagorevanjem uglja on se ponovo uključuje; slično je sa naftom).

Ekosistem je osnovna jedinica proučavanja u ekologiji. On predstavlja najvišu ekološku stvarnost. Ekosistemi su npr. svako konkretno jezero, planinski pašnjak, dolinska livada, ali i bara, ribnjak, obrađena njiva...

Preglednu shemu jednog šumskog ekosistema, tj. **biogeocenoze** (kako je on preferirao da ga naziva) je dao Sukačov (Владимир Николаевич Сукачёв, 1880–1967):



Iz nje se vidi na koje se osnovne komponente može razložiti neki šumski ekosistem, i da se dalje svaka komponenta može razbiti na niže jedinice. Međutim, aspekt biocenoze bi trebalo dopuniti **mikrobiocenozom** i **mikocenozom**.

Za vodene ekosisteme umesto edafotopa treba uključiti **hidrotop**.

Struktura ekosistema nije jednostavna ni monotona. Razlog leži u neravnomernom rasporedu organizama u prostoru zbog postojanja lokalnih razlika, tj. mikrostaništa. Delovi populacija manjeg ili većeg broja vrsta se lokalno grupišu u posebne ekokomplekse, tzv. **sinuzije**. Drugim rečima, **mozaični raspored sinuzija** je osnovna strukturna odlika ekosistema. Sinuzija je npr. stablo šumskog drveta sa organizmima na sebi i u sebi, kao i zeljaste biljke oko njega sa pripadajućim pratećim organizmima.

Drugo svojstvo strukture ekosistema je **prostorni gradijent** u rasporedu populacija. On je diktiran prostornim gradiranjem faktora biotopa. Manifestuje se u slojevitom rasporedu sinuzija, tj. njihovoj **stratifikaciji**. Tako se u šumskom ekosistemu mogu odvojiti dva osnovna sloja – podzemni i nadzemni, a svaki od njih je dalje diferenciran u više spratova sa posebnom mikroklimom i specifičnom kombinacijom biljnih i životinjskih vrsta, mikroorganizama i gljiva, o čemu je već bilo reči u vezi sa biocenozom.

Živa bića na jednom prostoru nisu slučajan skup. Naprotiv, ona su prirodnim zakonitostima tačno determinisan kompleks jedinki, populacija, vrsta, sinuzija, koji su uzajamno uslovjeni. Drugim rečima, to je kompleks koji se formira dugotrajnom koevolucijom živih bića i fizičkih i hemijskih sastojaka Zemljine površine.

Mnogostruki odnosi i interakcije u ekosistemu mogu u suštini biti trojaki: **akcije** (uticaji faktora biotopa na živa bića), **reakcije** (uticaji bića, tj. biocenoze na biotop) i **koakcije** (uzajamni uticaji između bića, tj. unutar biocenoze).

Ekologa može u ekosistemu interesovati značaj živih bića u pojedinim ciklusima kruženja materije; kakva je produktivnost datog ekosistema, a kakva u poređenju sa drugima, ili kolika je zavisno od dužine svetlog dela dana, broja sunčanih dana itd.; kakve promene sredine izazivaju biološki faktori, tj. aktivnost živih bića; i na koncu, predviđanje i planiranje (kvantitativnog i kvalitativnog) unosa energija i materijala koji bi dati ekosistem podneo, a da ne bude drastično narušen.

Ekološki sistemi imaju ograničenu toleranciju promena. Rečni sistem, npr. ima fino izbalansirane odnose koji omogućuju da kroz njega najracionalnije moguće protiče energija (koja primarno potiče od Sunca!), a materija najefikasnije kruži. Nekada je kupanje u reci bilo moguće na pet kilometara od mesta izlivanja kanalizacije, a danas ni to nije dovoljno, jer su reke nemoćne da sve u njih kanalizacionim i drugim putem unete materije izbacu iz ciklusa i odlože ih negde gde neće škoditi, ili prerađe u bezopasne. Drugim rečima, permanentnim izlivom polutanata (zagadživača), oslabljena je moć **autopurifikacije** (samoprečišćavanja) prirodnih sistema, jer sistem osiromašuje u kvalitetu (brojnost nekih, manje tolerantnih vrsta opada ili one čak propadaju, a drugih, tolerantnijih, ili prilagođenih upravo novoformiranim uslovima, enormno raste – npr. *Tubifex* crvi; skraćuju se lanci ishrane, produkuju otrovne i za ljude neprijatne materije, poput vodonik-sulfida, metana, amonijaka i sl.).

U šumi se, naprotiv, ne oseća smrad, iako se permanentno razlažu hiljade tona organskog materijala. Kada se opalo lišće ne bi raspadalo pod uticajem bakterija i drugih razлагаča, za tridesetak godina bi njegov sloj nadvisio krošnje.

Svaka vrsta, ma kako sitnih dimenzija bila, nastala je dugotrajnom evolucijom i ko-evolucijom sa drugima „izborila“ svoj ideo u funkcionalanju ekosistema. Isključivanjem ma koje od njih narušavamo ravnotežu prirode, a posredno ugrožavamo i sopstvenu egzistenciju. Pored toga, ti organizmi su i svojevrsna banka gena, ili izvori materija i mehanizama koje još ne poznajemo.

Ekosfera je životna sredina, tj. prirodni okvir u kom su živa bića povezana međusobnim uticajima. Evolutivni razvoj ekosfere je spor i **ireverzibilan**. Stoga je ekosfera nenadoknадива. Čine je biosfera i tehnosfera.

1.5.2.5. Biosfera

Svi ekosistemi na Zemlji su uključeni u jedan globalni planetarni makrosistem – biosferu. Drugačije rečeno, biosfera predstavlja jedinstveni ekosistem, tj. vrhunsko jedinstvo žive i nežive prirode Zemlje. Ona obuhvata čitav živim bićima naseljeni prostor na Zemlji (bios gr. – život; sphaira gr. – lopta), odnosno donje slojeve atmosfere (10–12 km u vis, tzv. troposferu), hidrosferu do najvećih okeanskih dubina (11 km) i litosferu približno do dubine 3 km. Ove sredine su međusobno vezane složenim ciklusima razmene materije i energije.

Pojam „biosfera“ je 1875. godine prvi upotreboio **Edvard Zis** [Eduard Suess, 1831–1914; (sl. 5); geolog i ekolog; otkrio postojanje Gondvane i Tetisa] kao izraz za koncentričnu ljuštu Zemlje, koja uključuje čitav živi svet.

Godine 1926. je Vernadski (Владимир Иванович Вернадский, 1863–1945; sl. 6) dao veći značaj pojmu biosfere objasnivši je kao jednu od Zemljinih sfera, u kojoj se odvijaju složeni procesi



Sl. 5. – Eduard Suess,
1831–1914.
(http://de.academic.ru/pictures/dewiki/69/Eduard_suess.jpg)

objedinjeni opštom istorijom hemije atoma u okviru neorganskog i organskog sveta. Druge geosfere se odlikuju ravnotežom svojstava, pre svega termodynamičkih (temperatura i prisustak), fizičkih (čvrsta, tečna) i hemijskih. U biosferi, međutim, dejstvuju živa bića, koja su i sama specifični sistemi, nezavisni od nje, pa bitno menjaju njenu primarnu ravnotežu.



Sl. 6. – Владимир Иванович Вернадский, 1863–1945.
(<http://domochag.net/names/img/vladimir-1.jpg>)

Bernal (John Desmond Bernal, 1901–1971) se zalagao da se za biosferu po Vernadskom koristi širi pojam – **biogeosfera** ili sinonim **ekosfera**.

Biosfera se formirala u toku geološke istorije Zemlje kao posledica aktivnosti organizama i razmene materija između njih i okolne nežive sredine.

Uloga živog sveta u procesu formiranja i održavanja biosfere je višestruka:

1. energetska: jedinstvena sposobnost zelenih biljaka da pri fotosintezi vezuju Sunčevu energiju, koja inkorporirana u molekule omogućava ostvarenje svih životnih procesa na Zemlji (благодарећи хемијским процесима, **biosfera je osnovни трансформатор енергије на Земљи**);

2. uloga u obrazovanju gasovitog sastava biosfere, tj. menjanje koncentracije gasova biogenog porekla (azota, kiseonika i ugljen-dioksida);

3. uloga u koncentrisanju biogenih elemenata u organizma (vodonik, kiseonik, ugljenik, azot, natrijum, kalcijum, magnezijum i dr.);

4. uloga u oksidaciji i osnovnim hemijskim promenama materija koje sadrže atome sa promenljivim stepenom oksidacije (gvožđe, bakar, mangan i dr.);

5. uloga u razlaganju živih organizama posle uginuća, odnosno mineralizacija organskih materija.

Biosfera je sastavljena od različitih ekosistema, koji nisu međusobno izolovani, već, su naprotiv, međusobno povezani i često integrirani u kompleksne višeg reda. Na primer, ogromni pojas četinarskih šuma na severu Azije i Amerike je tajga i predstavlja kompleks povezanih ekosistema šuma, jezera, reka, tundre na severnim, i listopadnih šuma i travnatih terena na jugu. Takvi krupni kompleksi su istorijske tvorevine. Nazivaju se **biomi**. Mora i okeani su biomii za sebe.

Biosfera predstavlja mozaik biotopa različite veličine i prirode. U pokušaju grupisanja sličnih biotopa u više kategorije formulisane su **biohore**. Tako su Sahara, Gobi i druge pustinje ujedinjene u jednu – biohoru pustinja.

Biohore se dalje grupišu u tri glavne **životne oblasti** na Zemlji: mora, kopnene vode i kopno.

1.5.2.6. Tehnosfera

Tehnosferu čine ljudska naselja, prateća infrastruktura i razni predmeti za zadovoljavanje ljudskih potreba.

Od 1945. je u ekološku literaturu, naročito sovjetsku, V. I. Vernadski je uveo pojam **noosfera** (odnosno **sfere razuma**; gr. noos – razum). On označava jedinstvo i sadeštvo prirode i društva, ali gde je svesna ljudska delatnost dominirajući faktor. (Vernadskyy, 1945; Vernadski, 1989).

Od pedestih godina 20. veka u opticaju je termin **ekološki kompleks**. On sadrži četiri elementa: stanovništvo, tehnologiju, organizaciju i okruženje. Odnos ovih elemenata omogućava ekilibrijum.

1.6. ZADACI SAVREMENE EKOLOGIJE

Imajući u vidu celokupnost značenja pojma ekologija, savremeni ekolozi imaju obaveze da istraže:

- svojstva životne sredine u datom sistemu,
- utvrde biodiverzitet u tom sistemu,
- odrede veličinu i brojnost populacija unutar životnih zajednica u tom sistemu,
- izmere i ocene aktivnost populacija, odnosno životnih zajednica u odnosu na sredinu i međusobno.

Da bi se svim ovim zahtevima udovoljilo, ekolog treba da, polazeći od biološke **taksonomije i sistematičke**, preko morfologije, fiziologije, genetike, etologije, eventualnih laboratorijskih i eksperimenata u prirodi, pažljivog dugotrajnog i sveobuhvatnog monitoringa, i drugih potrebnih metoda i nauka stigne do matematičkog modeliranja i prognoziranja sudsbine analiziranog sistema (populacije, zajednice ili ekosistema u celini).

Ekologija danas obuhvata široku lepezu poddisciplina poput: ekofiziologije (istražuje kako fiziološko funkcionisanje organizama utiče na interakcije sa životnom sredinom), ekologije ponašanja (ispituje ulogu ponašanja u adaptacijama organizama na sredinu), populacione ekologije, ekologije životnih zajednica, ekosistemske ekologije (analizira tokove energije i materije kroz ekosisteme), sistemske ekologije (interdisciplinarno holistički studira razvoj i organizaciju ekoloških sistema primenjujući metodologiju matematičkog modeliranja, simulacije i sistemske analize), predeone ekologije (istražuje procese i veze među raznim ekosistemima ili većim geografskim područjima), evolucione ekologije (otkriva ekologiju vrsta kroz njihovu evoluciju) i političke ekologije (spaja politiku i ekonomiju na problemima kontrole životne sredine). (http://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_factor)

Prema biološkom objektu koji proučava ekologija može biti npr. ekologija insekata, ili još uže, npr. ekologija biljnih vašiju itd.

Po biomima koje studira ekologija može biti npr. polarna (arktička), tropска, ekologija pustinja itd.

Zavisno od tehnika koje primenjuje u istraživanju, ekologija može biti hemijska, genetička, terenska, statistička, teorijska, sistemska* itd.

Pitanja za samopроверу znanja

1. Šta je ekologija i čime se bavi?
2. Od kada datira ekologija?
3. Kako se ekologija razvijala?
4. Kakva je postojeća podela ekologije na subdiscipline?
5. Sa kojim naukama je ekologija povezana i kako?
6. Koji su nivoi istraživanja u ekologiji i, shodno tome, podela ekologije?
7. Da li su stanište i biotop jedno isto?
8. Navedite nivoje organizacije živoga sveta i hijerarhiju ekoloških sistema.
9. Objasnite homotipske kolektive i heterotipske skupove i kolektive organizama.
10. Šta je ekosistem?
11. Šta je biosfera?
12. Koji su zadaci savremenih ekologa? Koje naučne poddiscipline su se razvile?



* Ekološki sistem je tretiran kao kibernetički. U sistemskoj analizi i simulaciji matematičkim modeliranjem (koriste se teorija skupova i transformacije, matrična algebra, diferencijske i diferencijalne jednačine) se konstruišu modeli koji ne moraju biti identične kopije realnog sveta, već su simplifikacije koje otkrivaju ključne procese neophodne za predviđanje. Sistemski ekolozi su specijalisti za generalizacije. Poseduju znanja i veštine iz ekologije, matematike, hemije, fizike, elektronike i informatike.

2. Živa planeta

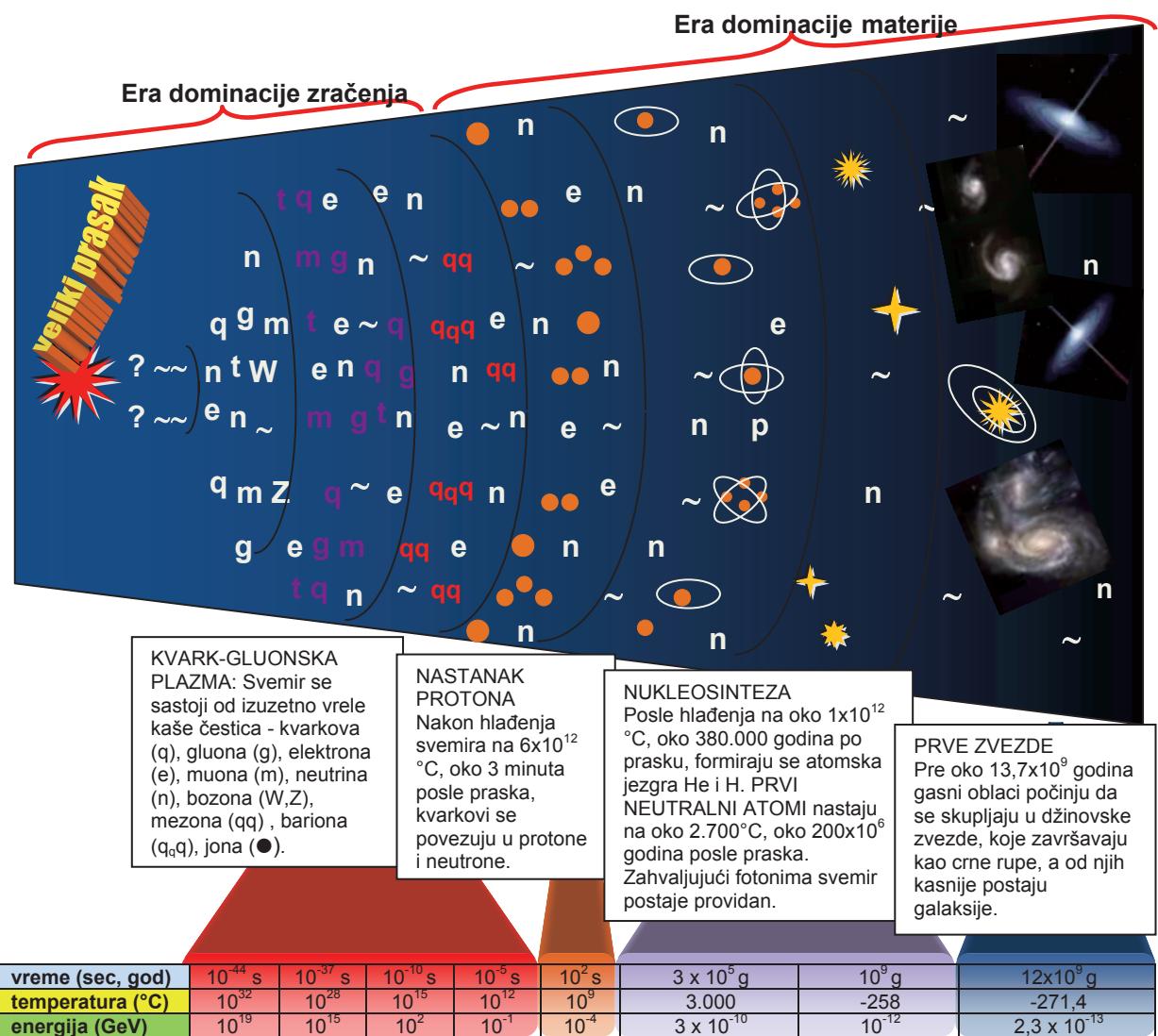


Snimak Zemlje iz Apola-17, napravljen 7. decembra 1972.
(http://epsc.wustl.edu/classwork/classwork_353/public_html/earth_1_apollo17.gif)

2. ŽIVA PLANETA

2.1. UNIVERZUM I ZEMLJA

Prepostavlja se da je univerzum (vaciona, svemir, kosmos) nastao velikim praskom („big-bang“ na engleskom) (sl. 7) pre 15–20 milijardi godina. Najšire prihvaćena je hipoteza da su celokupna materija i energija pre toga bile zgusnute u majušnu grudvicu, čija je temperatura bila bezbroj milijardi puta veća nego danas Sunčeva (reda veličina 10^{25}). Nakon velikog praska, u deliku sekunde (10^{-44} – 10^{-37} s), oslobođeni su sastavni delovi materije (subatomske čestice) i počelo širenje univerzuma. Temperatura naglo opada za milijardu stepeni. U sekundi se neutroni i elektroni neutrališu, u naredna tri minuta formiraju se elementi svetlosti (fotoni), a u narednih 380.000 godina atomi.



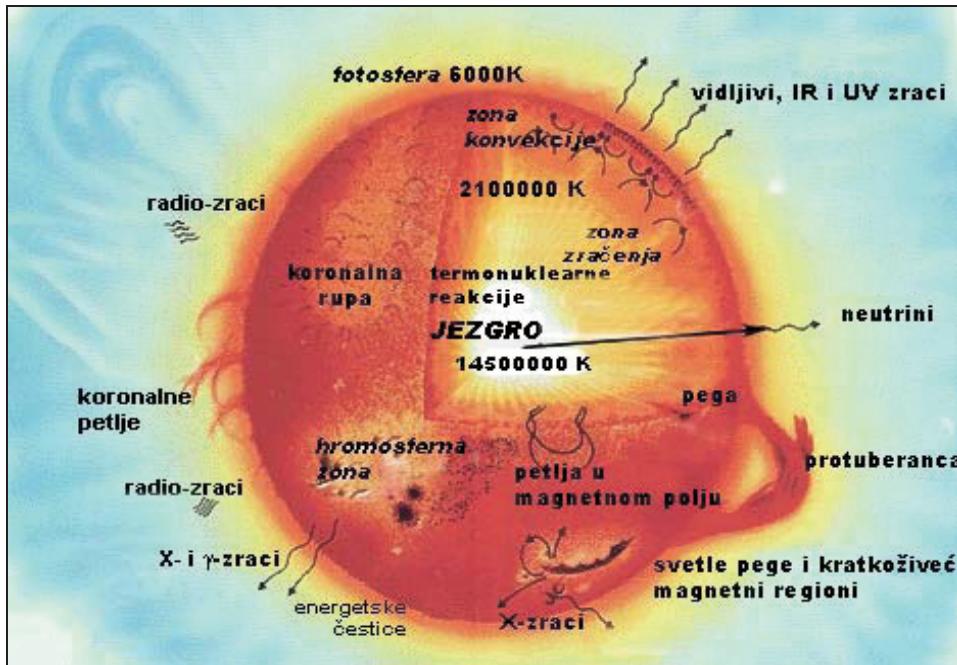
Sl. 7. – Istorija univerzuma

(kreirano prema: <http://physics.gmu.edu/~hgeller/astr113/BigBangHistory.jpg>

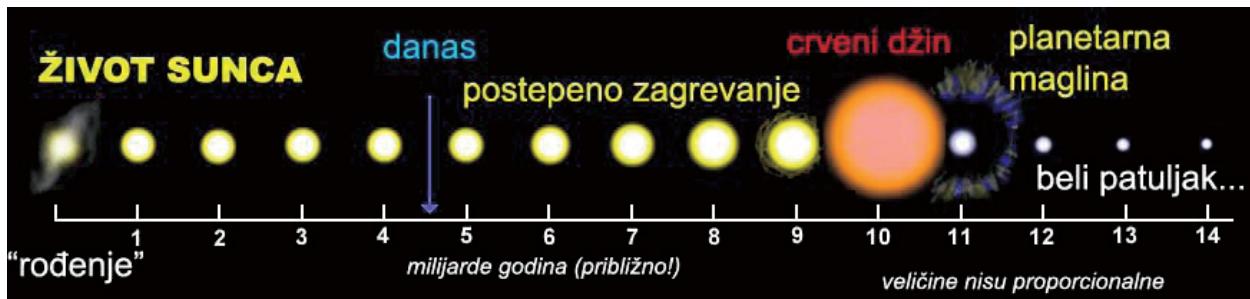
http://www.blic.rs/_customfiles/Image/slike/2008/09_septembar/10/svet/grafika.jpg

http://www.joensuu.fi/fysiikka/ope/materiaali/hiuksafysiikka/frameless/chart_cutouts/universe_original.jpg

U narednoj milijardi godina počinje rađanje zvezda stapanjem čestica. Na isti način kasnije se formiraju i planete oko zvezda (sl. 7).



Sl. 8. – Sunce – građa, (modifikovano: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Sun_parts_big.jpg)

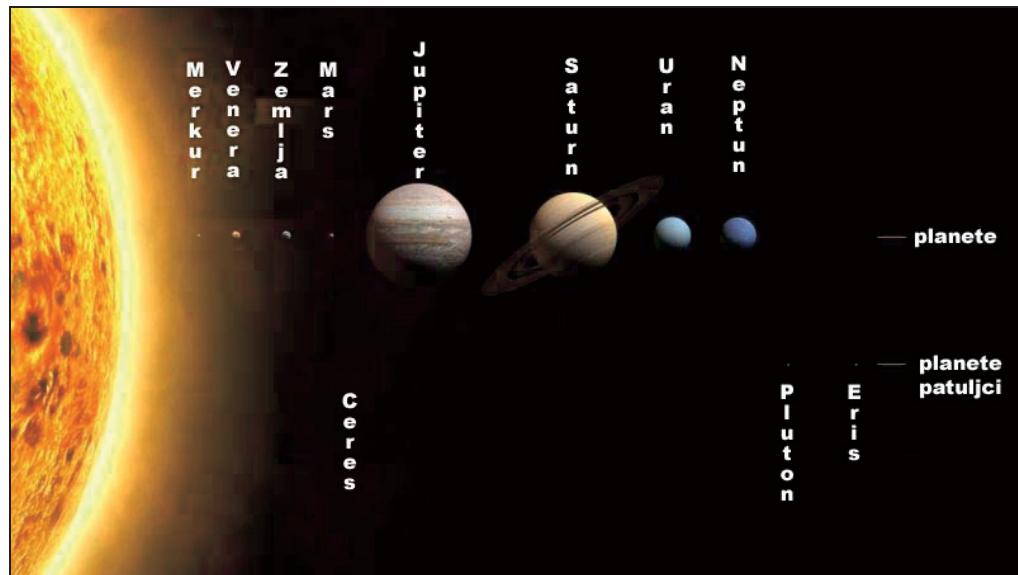


Sl. 9. – Sunce – životni vek (modifikovano: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Sun_Life.png)

Svaka galaksija sadrži 10 miliona do 10 biliona zvezda, koje se zajedno okreću. Našu galaksiju, Mlečni put, čini oko 100 milijardi zvezda. One obrazuju pljosnati disk, prečnika oko 90.000 milijardi svetlosnih godina (svetlosna godina je rastojanje koje svetlost pređe za godinu dana brzinom od 300.000 km/s). Sunce je jedna od zvezda u ovoj galaksiji. Ono je usijana gasna lopta, prečnika 1.390.000 km, ima 5.800°C na površini, a oko $15.000.000^{\circ}\text{C}$ u unutrašnjosti (sl. 8). „Umreće“ za oko devet milijardi godina (sl. 9). Svojom gravitacijom ono zadržava u kruženju oko sebe devet planeta (poslednjih godina astronomi smatraju osam, jer poslednju, Pluton, otpisuju). Sve su različite po veličini i gradi (sl. 10; tab. 1) i eventualnim satelitima. Ovaj sistem se zove Sunčev sistem.

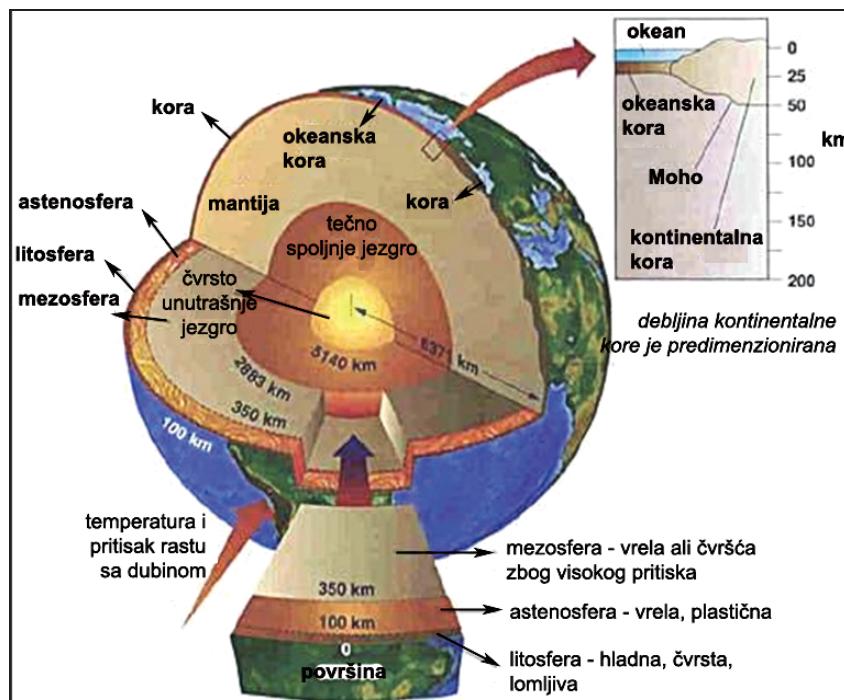
2.1.1. Zemlja danas

Treća po udaljenosti od Sunca (na 149,6 miliona km) je naša planeta, Zemlja (sl. 10). Nastala je pre oko 4,5 milijardi godina.



Sl. 10. – Sunčev sistem (prema <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:UpdatedPlanets2006.jpg>)

Zemlja predstavlja višeslojnu loptu, blago elipsoidno-kruškaste forme, poluprečnika oko 6.400 km (sl. 11). Njeno jezgro ima poluprečnik 3.488 km, a sastoji se od jedinjenja nikla i gvožđa, pa se često zove i NIFE. Temperatura u središtu jezgra iznosi više od 6.000°C, a na prelazu ka omotaču („mantiji“) oko 3.000°C. Zemljino jezgro ima dva sloja, što potvrđuju putanje seizmičkih talasa. Omotač oko jezgra (mantija) je, takođe, dvoslojan (1.800+500 km), a zbog hemijskog sastava zove se NIFESIMA (nikal, gvožđe, silicijum i magnezijum). U njemu temperatura opada do oko 2.000°C. Spoljašnji omotač (astenosfera ili pirosfera), u prosjeku je debeo oko 400 km, a po sastavu SIMA. Na samoj površini tela planete je veoma tanka (15–70 km), čvrsta kora, **litosfera**, čiji donji slojevi imaju i 1.000°C, a po sastavu je SIAL (silicijum i aluminijum, tj. granit) i SIMA.



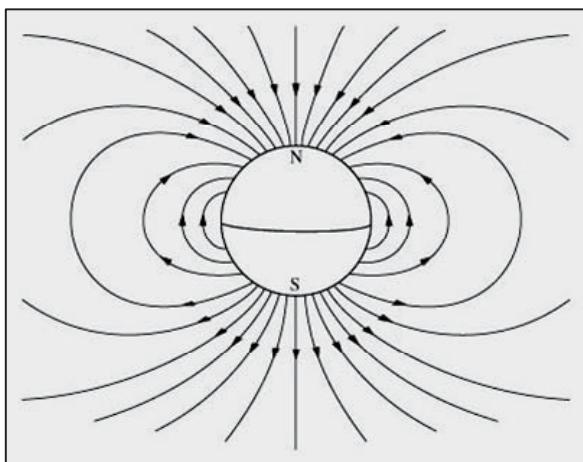
Sl. 11.– Zemlja – slojevi i fizičke karakteristike
(modifikovano: <http://universe-review.ca/I09-03-Earth.jpg>)

Tabela 1.–Neki podaci o planetama Sunčevog sistema
 (iz: „Mala enciklopedija“, Prosveta 1–3; Beograd, 1986; <http://www.nineplanets.org/earth.html>)

Planeta	Udaljenost od Sunca (10^6 km)	Ekvatorski prečnik (km)	Masa prema masi Zemlje	Atmosfera	Površina	Sateliti	$^{\circ}\text{C}$
Merkur	58	4.878	0,06	He, Ar,...	brojni krateri	nema	danju 343, noću –170
Venera	108	12.104	0,38	CO ₂ (97%), N ₂ , O ₂ , Ar, vod.para, S, H ₂ SO ₄	neravna, vulkanske visoravni, grebeni, kanjoni, doline nastali radom meteorita, vulkana, tektonika, erozijom vode	nema	480
Zemlja	149,6	12.800	1	N ₂ (77%), O ₂ (20,8%), CO ₂ (0,03%), inertni gasovi	ima i biosferu	1	od –80 do +85
Mars	228	6.794	0,1	veoma tanka (100km); CO ₂ (95,3%), N ₂ (2,7%), Ar(1,6%), O ₂ , vodena para	krateri, visoravni, vulkani, peščane dune, duge vijugave linije liče na nekadašnje rečne tokove	2	na polovima –130, a u prosjeku –55
Jupiter	778	142.796	318	H ₂ (85%), He(14%), NH ₃ , voda	skoro čitav tečan i gasovit (osim malog jezgra); ima organske materije	16	–120
Saturn	1.420	120.000	95	neprozirna, veoma ubuzburkana; H ₂ (89%), He(11%)	oko malog čvrstog jezgra, oko je vodonično-metalni sloj, pa vodonični; prsten oko planete		u središtu oko 1.500, a na površini oblaka –160
Uran	2.870	50.800	14,5	debelia	led, vodonik i helijum	5	–160
Neptun	4.485	24.764		H ₂ , He, CH ₄	led, vodonik i helijum	3	
Pluton	5.954	3.600	0,02	N ₂ , CO, CH ₄ , verovatno gornji slojevi od smrznutog metana	led od azota, sa malo metana, etana i CO	1	–235 do –210

Spoljašnje sfere Zemlje su **atmosfera, hidrosfera i biosfera**.

Atmosfera je vazdušni omotač Zemlje, debljine oko 3.000 km. Ni on nije jednoličan, tj. sastoji se od više slojeva: troposfera (do 12 km od tla), stratosfera (do 50 km), mezosfera do 85 km, jonasfera (termosfera) do 400, odnosno 800 km; i magnetosfera. Ozonosfera (zaslužna za život mnogih bića, jer zadržava smrtonosne UV zrake) je na nadmorskoj visini 25–60 km.



Sl. 12. – Zemljino magnetno polje (iz:
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Dipole_field.jpg)

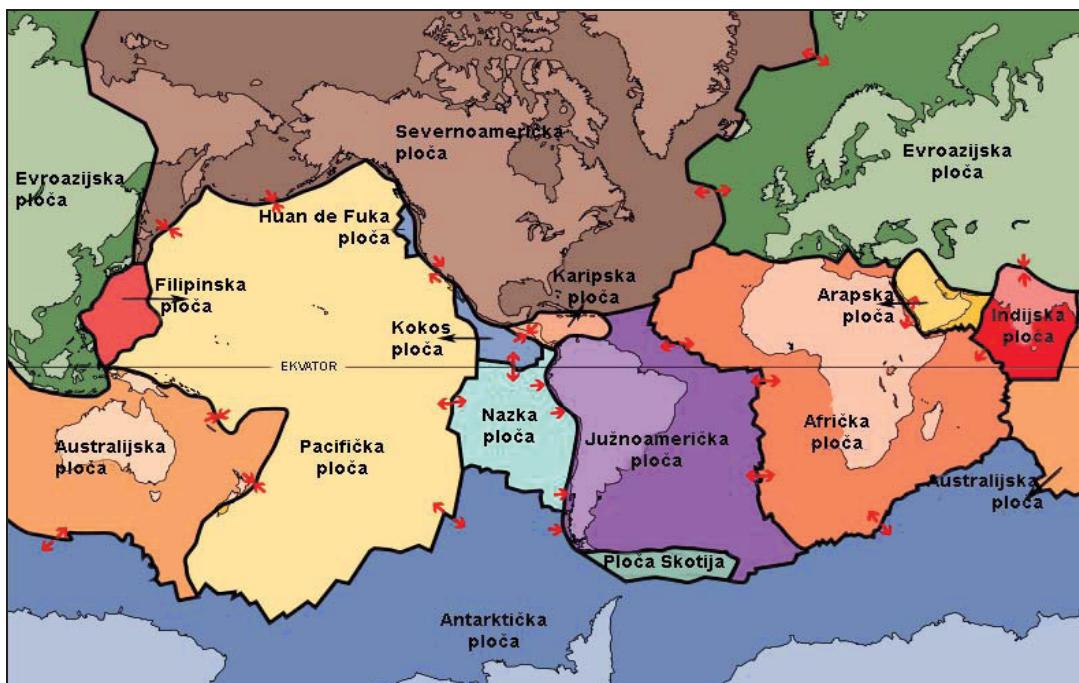
Hidrosfera nije neprekidni omotač oko planete. Čine je svi okeani, mora, jezera, reke, podzemne vode i lednici. Ako bismo ih sastavili, činili bi **svega dva kilometra** debeo neprekidni sloj oko Zemlje. Gotovo $\frac{3}{4}$ površine Zemlje je pod vodom. Od toga 99,5% su okeani, mora i lednici. Kopnenim, tzv. „slatkim“ vodama pripada samo 0,5%, ili izraženo preko površine, svega 27 miliona km^2 .

Biosfera (živi omotač Zemlje) obuhvata hidrosferu i delove litosfere i atmosfere u kojima je prisutan živi svet.

Pored svega navedenog, ne smemo da zaboravimo i da je Zemlja veliki magnet (sl. 12), tj. svi organizmi na njoj su izloženi neprekidnom magnetnom dejstvu.

2.1.2. Teorija horizontalnog pomeranja kontinenata (drejfa)

Nisu kontinentalne ploče, na koje je Zemljina kora izdeljena (sl. 13), oduvek imale danasjni položaj. Kontinentalne ploče se neprekidno pomeraju.



Sl. 13. – Kontinentalne ploče
(modifikovano: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Plates_tect2_en.svg)

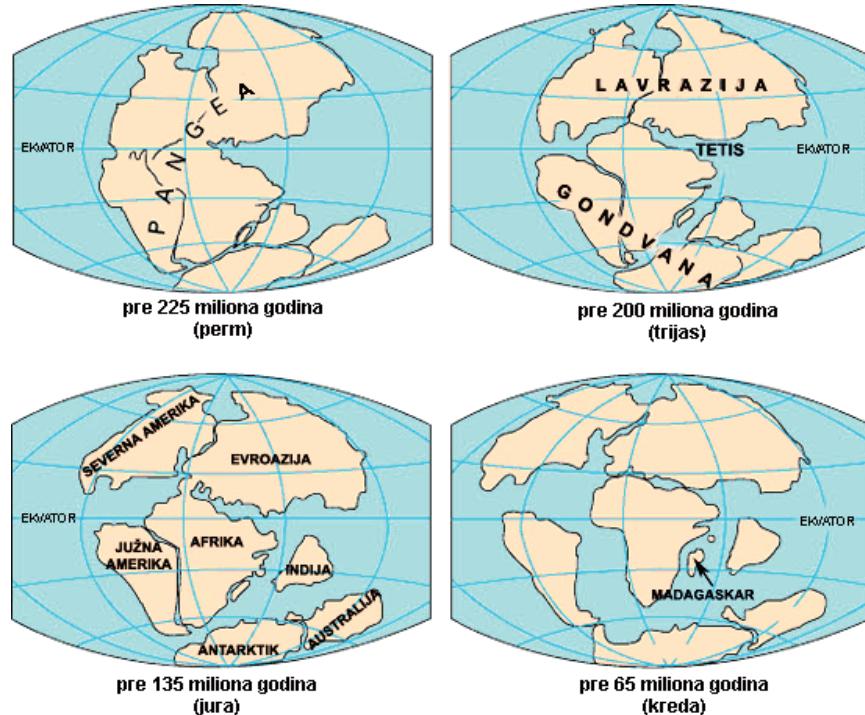
1915. godine je teoriju o mobilizmu kontinenata izneo Vegener (Alfred Wegener, 1880–1930). Po njoj su kontinenti sa obe strane Atlantika nekada (u mezozoiku, pre oko 180 miliona godina) bili jedinstveno kopno, tj. gigantski prakontinent, **Pangea**. Vegener je do ovog zaključka došao uočivši da se rubovi kontinenata uklapaju poput elemenata u slagalici. Taj superkontinent se sastojao od dva velika dela: severnog – Lavrazije (današnja Evropa, Azija bez Indijskog poluostrva i Severna Amerika), i južnog – Gondvane (Južna Amerika, Afrika, Indijsko poluostrvo, Australija i Antarktida). Između Lavrazije i Gondvane je najpre bilo udubljenje drevnog okeana, **Tetis**. Potom su se, u paleozoiku (tab. 2), tj. pre 320–325 miliona godina Lavrazija i Gondvana nakratko sudarile i Tetis se povukao, ali su se ubrzo opet razdvojile i pocepale na manje kontinente.*

Na prelazu iz eocena u oligocen Antarktida je počela da se prekriva ledom, tj. počela je **glacijacija**. Pre oko tri miliona godina led se pojavio i na severnoj polulopti, Grenlandu i u Skandinaviji, a još mnogo ranije (pre oko 8–10 miliona godina) su već bili formirani planinski lednici. Krajem pliocena je glacijacija na severnoj polulopti tek počinjala, dok je na južnoj bila u maksimumu, da bi potom slabila na jugu i pojačala se na severnoj polulopti (sl. 15). Posledice olednjavanja Zemljinih polulopti po živi svet se bitno razlikuju, jer je pravac širenja lednika od polova ka ekvatoru na južnoj polulopti bio bez planinskih prepreka, za razliku od severne gde su planinski venci sprečavali migracije živih bića, pa su se ona samo održala u malim enklavama, tzv. **refugijumima**, u kojima su našla uslove da prežive zahlađenje. Danas su takve vrste dragoceni elementi u biodiverzitetu ovih područja i nazivaju se **relikti**, a najčešće su i endemorelikti ili paleoendemiti**.

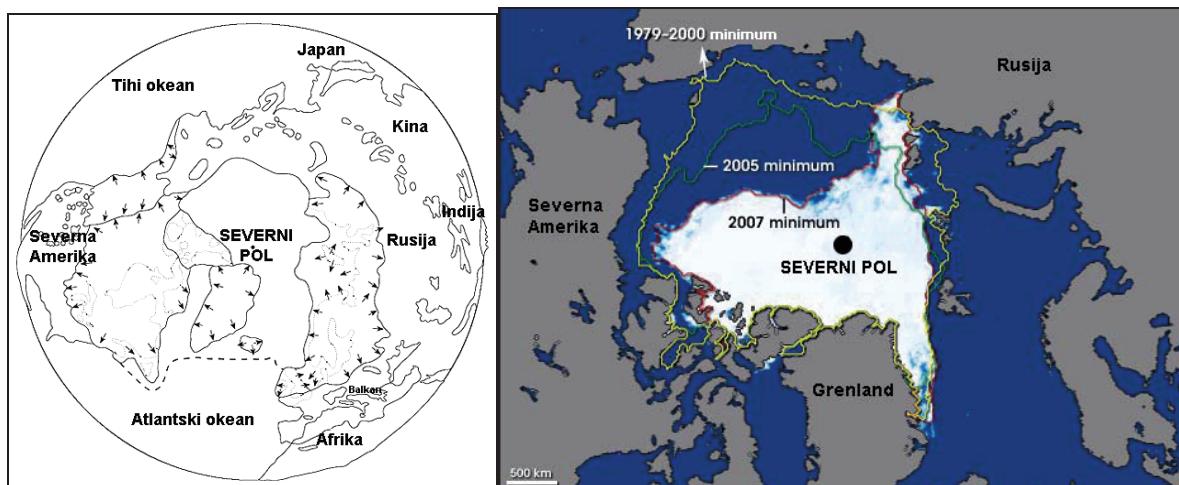
* Teoriju horizontalnog pomeranja kontinenata su početkom 60-ih godina 20. veka dokazima potvrdili geolozi, geofizičari, paleomagnetičari i seizmolozi, nazavši je teorija tektonike ploča, ili, nova globalna tekonika. Slojevita građa Zemlje (kao glavica crnog luka, sl. 11), činjenica da su idući od jezgra ka površini slojevi od sve lakših minerala, a da je temperatura u središtu ogromna i da u mantiji (omotaču jezgra) minerali plastično teku, dovode do temperaturnih konvekcija u mantiji, što posledično vodi cepanju kontinenta na dva dela i formiranju okenaskih grebena (ispunjениh magmom dospelom iz mantije), i nicanja ostrva (što je ostrvo udaljenje od okeanskog grebena, to je starije); kontinentalne ploče se stoga podvlače jedna pod drugu, javljaju se vulkanske aktivnosti i zemljotresi. Zemljina kora i gornji sloj mantije su jedinstvena celina koja se premešta u astenosferi u kojoj se razvijaju konvekcioni tokovi, koji izazivaju razilaženje kontinentalnih ploča. Pri sudaranju ploča nastaju planinski grebeni (npr. Himalaji su nastali sudarom Indije sa Azijom; Alpi sudarom Apenina sa Evropom). Ima šest velikih tektonskih ploča (evroazijska, američka, afrička, australijska, antarktička i pacifička) i više manjih (sl. 13).

Dakle, u donjem (ranom) paleozoiku na južnoj Zemljinoj polulopti se formirao ogromni kontinent Gondvana, a na severnoj nekoliko kontinenata, koji su se kasnije sjedinili u Lavraziju. Pre oko 320–325 miliona godina (u karbonu) ova dva superkontinenta su se sudarila i formirala se Pangea. Tokom mezozoika (u ranoj juri, tj. pre oko 195 miliona godina se Gondvana raspala na četiri velika dela, Južnu Ameriku, Afriku sa Arabijom, Indijsko poluostrvo i Antarktidu sa Australijom), a Lavrazija tek počela da se cepa na Severnu Ameriku i Evroaziju, koje su se sasvim razdvojile tek u kredi, pa su stoga danas sličnosti njihovih flora i fauna veće, nego između južnih kontinenata. U kredi su se desile i druge dramatične promene: Tetis i Tihij okean su se smanjili, povećao se Južni Atlantik i Indijski okean, a Indijsko poluostrvo se dosta udaljilo od Australo-Antarktide. U kenozoiku (pre 60–70 miliona godina do danas) su Evropa i Grenland i dalje dugo bili spojeni; Evropi su se pridružili Rodopski (današnje Balkansko poluostrvo, tj. teritorije na kojima smo mi danas) i Apulijski (Apeninsko poluostrvo) doplovovši sa juga; sudarile su se Arapska ploča i iranski blok; zatvorio se moreuz između Crnog i Kaspijskog mora; počelo odvajanje Australije od Antarktide; Indijsko poluostrvo udarilo u Azijski potkontinent i tako se izdigli Himalaji, Pamir i Tjan-Šan; razbila se kontinentalna spona između Južne Amerike i Antarktide. (sl. 14)

** **Endemična** je vrsta (ili neka druga taksonomska kategorija organizama, npr. rod, familija, ali čak i filum ili razdeo) koja živi samo u jednoj geografskoj oblasti i nigde više. Najviše endema ima na ostrvima i u planinskim predelima. Obilje endema ukazuje na starost datog područja. Reliktni endemiti (paleoendemiti ili endemorelikti) su oblici koji su u prošlosti imali znatno veći areal (oblast rasprostranjenja), ali su se zbog promena u sredini održali samo na uskoj teritoriji.



Sl. 14. – Položaji kontinenata i mora tokom geološke prošlosti Zemlje
 (modifikovano: <http://www.mapsharing.org/MS-maps/map-pages-worldmap/1-continental-map-pangeadrift.html>)



Sl. 15. – Ledena kora na severnoj hemisferi Zemlje pre 18.000 godina i danas
 (2000., 2005. i 16. septembra 2007.)

(modifikovano: http://science.jrank.org/article_images/science.jrank.org/pleistocene.1.jpg i http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/2007_Arctic_Sea_Ice.jpg)

Originalnost (visoki **endemizam**) i **arhaičnost** (drevnost) australijske flore i faune su posledica ranog odvajanja ove kopnene mase od ostalih. Po današnjem položaju ovog kontinenta bi se zaključilo da ima mnogo zajedničkih elemenata sa azijskom florom i faunom, jer su fizički blizu, ali nije tako. Mnogo je srodnija sa južnoameričkom, indijskom i afričkom.

Tabela 2. – Starost različitih geoloških epoha, perioda i era i važne pojave
(prema „Zoogeografija“, Lopatin, 1995; i *Raznovrsnost života I*, Radović i Petrov, 1999)

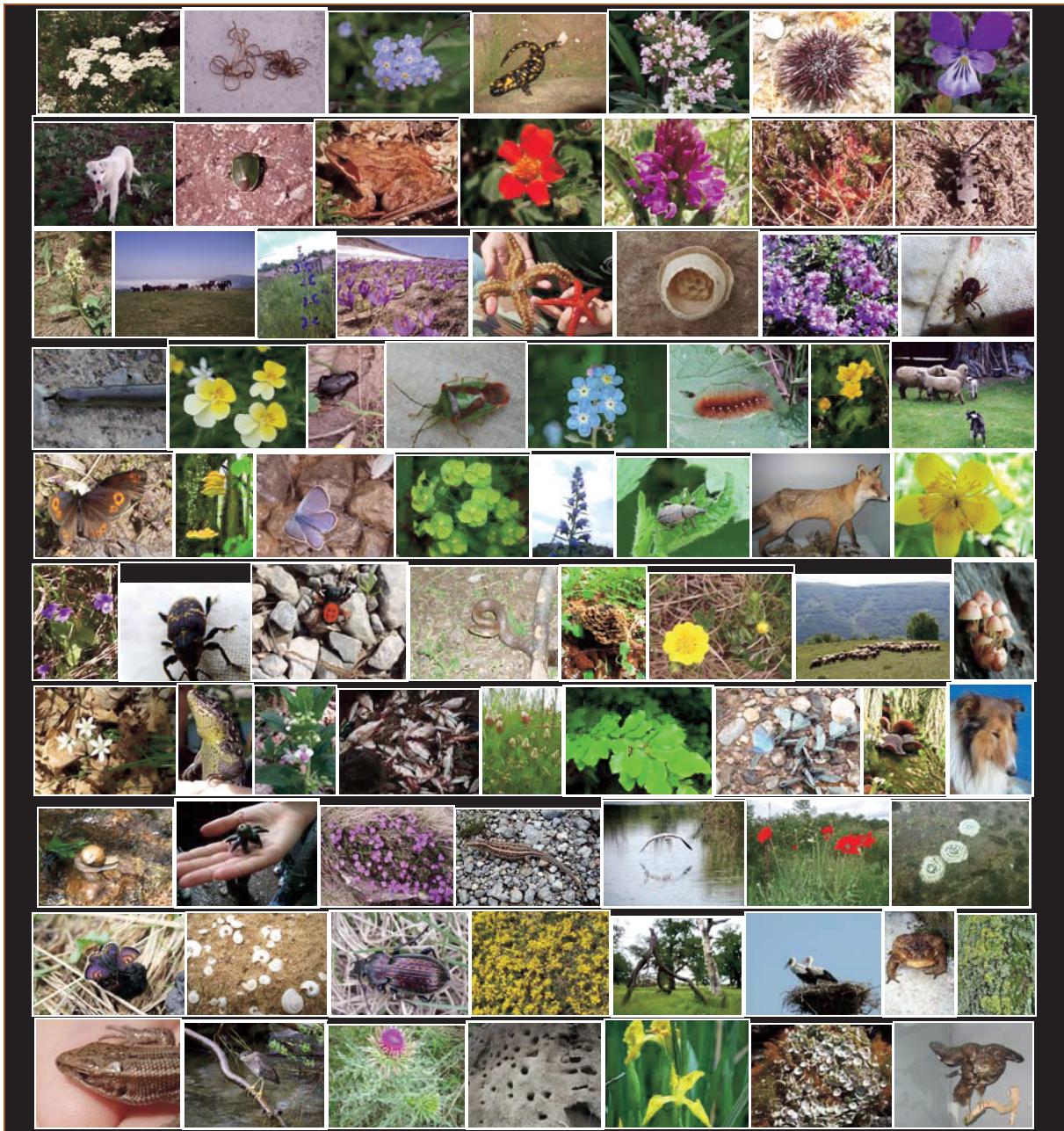
Era	Period	Epoha	Starost u milionima godina od danas	Važni događaji
Kenozoik	Kvartar	Savremena	0,01	
		Pleistocen	2,5	pojava čoveka
		Pliocen	10	
		Miocen	27	
	Tercijer	Oligocen	38	
		Eocen	54	
		Paleocen	65	dominacija insekata, ptica i sisara na kopnu
Mezozoik		Kreda	130	nestanak dinosaurusa
		Jura	185	prve ptice
		Trias	230	prvi dinosaurusi i prvi sisari
Paleozoik		Perm	265	širenje gmizavaca, smanjenje prisustva vodozemaca
		Karbon	355	prvi gmizavci, širenje vodozemaca
		Devon	413	prvi insekti i vodozemci
		Silur	425	invazija kopna (biljke i paukoliki)
		Ordovicijum	475	prve ribe
		Kambrijum	600	svi filumi sem hordata
Proterozoik			2.500	prve životinje
Arheozoik			4.600	formiranje litosfere; fosilne bakterije

Pitanja za samoproveru znanja

- Šta znate o istoriji univerzuma (svemira, kosmosa) i Zemlje?
- Kakva je Zemlja u poređenju sa drugim planetama?
- Šta znate o geološkoj prošlosti i najkrupnijim evolucionim dešavanjima?
- Šta su relikti?



3. Živi svet na Zemlji



Fotografije snimane na terenskim nastavama i istraživačkim akcijama studenata Biologije i Ekologije
PMF u Kragujevcu

3. ŽIVI SVET NA ZEMLJI

3.1. POREKLO I EVOLUCIJA ŽIVOTA NA ZEMLJI

Zemlja je jedina živa planeta za koju do sada znamo. Život se na njoj pojavio pre oko 3,8 milijarde godina, u prvobitnoj „supi“. Znači, **pojava života se vezuje za okean, tj. vodenu životnu sredinu**. Uslovi su tada naizgled bili sasvim nenaklonjeni životu: nemilosrdni udari meteorita (nije postojala današnja atmosfera u kojoj bi sagoreli!), vrlo jako ultravioletno zračenje, kataklizmični zemljotresi i brojni vulkani (litosfera se tek formirala), atmosfera bez kiseonika, voda svuda...

Najstarija do danas pronađena fosilna bića na Zemlji su **stromatoliti** (simbiontski organizmi od prokariotskih **modrozelenih bakterija**), koji se nisu menjali do danas, tj. čitave **3,5 milijarde godina** [osim fosilnih, postoje živi grebeni sa njima na zapadu Australije (sl. 16), na Bahamima i u Crvenom moru]^{*}. Pre oko 800 miliona godina su se u vodama pojatile jednoćelijske životinje. Živi svet osvaja kopno tek od pre oko 450 miliona godina (m.g.).



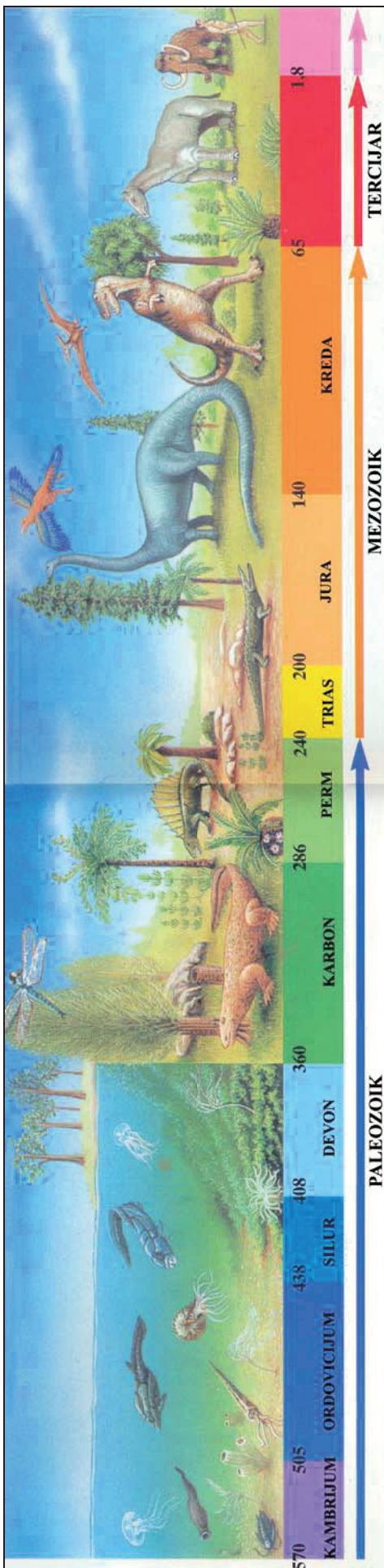
Sl. 16. – Stromatoliti u jezeru Tetis,
Zapadna Australija
(<http://www.flickr.com/photos/laruth/153584043/>)

Tokom 530 miliona godina intenzivnog života na Zemlji je bilo pet perioda izumiranja: pre oko 435 m.g.; potom pre 365 m.g.; najstrašnije pre oko 245 m.g., kada je nestalo 90% vrsta; pre 210 m.g.; i, najpoznatije, zbog nestajanja dinosaurusa, pre oko 65 m.g..

* Nemoguće je znati tačne datume pojavljivanja živih bića. Prvi organizmi na Zemlji su živeli u okeanu. Prema fosilnim nalazima, građi i funkcionalanju smatramo da su se *prve prokariote* (organizmi bez opne koja odvaja jedrov materijal od ostatka ćelijske plazme) pojavile još *pre 4–3,5 milijarde godina*. Kopno je dugo ostalo nenastanjeno, jer je bilo vrelo, u atmosferi nije bilo kiseonika, a žestoko kosmičko zračenje je dospevalo na površinu Zemlje, jer nije postojao ozonski ekran.

Evolucija je počela bakterijama, u eri zvana arheozoik (tab. 2). Posle su se pojavile modrozelene bakterije / alge, sposobne za fotosintezu. U spoljašnju sredinu je počeo da se emituje kiseonik. To je omogućilo pojavu eukariota (organizama sa jasno definisanim jedrom u ćeliji), tj. početak nove ere – proterozoik. Još u dokambrijumu su se pojavile prve životinje (sunđeri, radiolarije, neki zglavkari).

U kambrijumu su živeli glavonošci, trilobiti, rakoškorpije. Pre oko 600 miliona godina (kambrijum) neki organizmi su izašli na kopno (sl. 17). U ordovicijumu se javljaju korali i briozoe, trilobiti su u procvatu. U siluru se razvija bogata morska fauna (pancirne ribe, škorpije i stonoge koje dišu na škrge). Tek u devonu je počeo moći razvoj kopna i smanjivanje površine okeana. Na kopnu počinje dominacija biljaka psilotita, paprati i golosemenica, a one izgrađuju uslove za preseljenje škorpija, rakova, crva, insekata i vodozemaca iz okeana. U karbonu (vreme formiranja kamenog uglja) dominiraju vlažne tropске šume sa izumrlim vodozemcima stegocefalima. Kopnena fauna uzima maha. Pojavljuju se prvi pauci i primitivni insekti (uključujući bubašvabe). Na kraju karbona na južnim kontinentima počinje zahlađenje, glacijacija i javljaju se prvi gmizavci, kojima pogoduje suša. U permu su na kopnu brojni oblici vodozemaca i gmizavaca. Na kraju paleozoika mnoge vrste su izumrle.



Sl. 17.– Evolucija života na Zemlji 570 miliona godina unazad (prema „Dinosauri i druge izumrle životinje“)

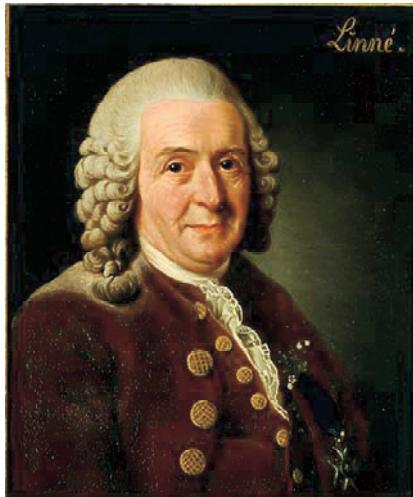
U **mezozoiku** postoje dva ogromna kontinenta razdvojena okeanom Tetis (sl. 14). Dominiraju četinari (golosemenice) i gmizavci. U trijasu se javljaju prvi sisari. Među insektima se izdvajaju džinovski vilini konjici. U juri u vodi dolazi do procvata mekušaca glavonožaca, a na kopnu krupnih gmizavaca (teških i 50 tona). Sisari slabo napreduju, i dalje primitivni. Pojavljuju se prve ptice (arheopteriks). Među insektima se pojavljuju pravokrilci, stenice, mrežokrilci i tvrdokrilci. U kredi se Zemljina površina bitno menja – obrazuju se velike planine i uvećava Atlantski ocean. Pojavljuju se skrivenosemenice (cvetnice), zmije, gušteri, prave kornjače i prvi placentalni sisari.

U novoj eri, tzv. **kenozoiku**, nastaju Alpi, Kavkazi i dr. venci planina, a Indijski i Atlantski ocean se šire. Na početku mnogi živi oblici nestaju. Novi uslovi pogoduju razvoju puževa i školjki, košljoriba, pravnih ptica i sisara. Insekti rapidno evoluiraju, pogotovo opnokrilci i leptiri. Drugu polovinu tercijera odlikuje zahlađenje na severnoj polulopti (šume palmi, mirt, lovora, sekvoje, kiparisa, hrasta i kestena bivaju zamjenjene četinarsko-liščarskim šumama (od borova, oraha, bukve, jove i iwe). Krajam miocena južni deo istočnoevropske ravnicе umesto šuma pokrivaju šumostepa i stepa. Na samom kraju pliocena je izumrla većina toploljubivih vrsta. Pojavile su se tundra i ledena zona. Na severnoj polulopti su se smenjivale četiri glacijacije i interglacijacije, a na južnoj pluvijalni (vlažni) i kserotermni (suv i vrelji) periodi. Fauna je osiromašila. Preživele su malom šumske i pećinske vrste. U Evropi su izumrli mastodonti, tapiri, nosoroci i hiparijoni, a pojavili se jeleni, irvasi, losovi, tur i pećinski lav. Blizu ruba lednika u Evropi najzastupljenija životinja je bilo možusno goveće.

Među antropoložima se još vode rasprave o poretku i starosti čoveka kao vrste. Jedni tvrde da su poslednji zajednički preci savremenih antropoidnih majmuna i čoveka, tj. hominoidi, Dryopithecidae, koji su živeli pre oko 20 miliona godina, u šumskim predelima, najverovatnije u Africi, odakle su se raširili u Evropu, Aziju i Indiju. Od te grupe se pre oko 15 miliona god. izdvajaju tri linije: 1. ka izumrlom azijskom *Gigantopithecus*; 2. ka današnjim orangutanima; i 3. zajednička za šimpanze, gorile i čoveka (*Ramapithecus* pre 14–8 miliona god., slijede nedostajuće karike; zatim Australopithecinae pre 5 do 1 milion godina, a možda uporedno sa njima i rod *Homo*) (prema „Uvod u teoriju evolucije“, Tucić, 1987).

3.2. RAZNOVRSNOST SAVREMENOG ŽIVOG SVETA NA ZEMLJI

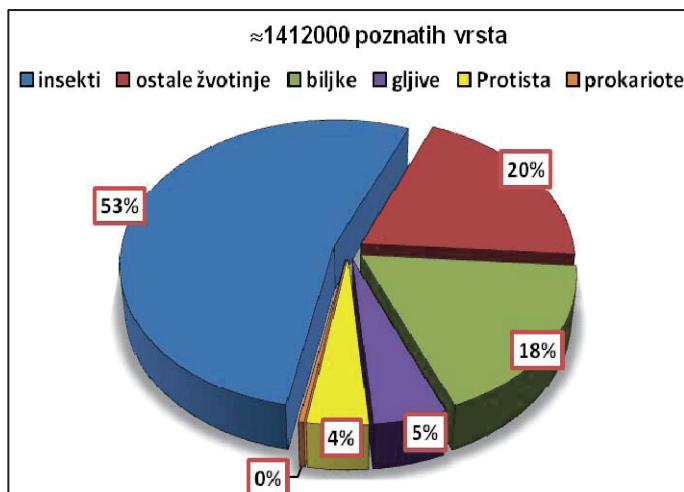
Zapanjujuće veliki broj oblika živih bića danas postoji na Zemlji (sl. 19). Procene se kreću između tri i čak 10 miliona vrsta! Od toga je nauci poznato, tj. opisano, samo oko 1,5–2 miliona (1,2–1,3 miliona životinjskih, oko 0,5 miliona biljnih vrsta i 0,1 milion gljiva). Ako se tome doda i da vrste mogu imati više morfoloških formi (polovi, starosne klase, sezonske forme, kaste i dr.) raznovrsnost oblika života na Zemlji se višestruko uvećava.



Sl. 18. – Carl Linnaeus
(Carl von Linné, 1707–1778).
(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Carl_von_Linn%C3%A9A9.jpg)

1920–1980). Carstva su: Monera, Protista, Plantae (biljke), Animalia (životinje) i Fungi (gljive).

Virusi su sićušne čestice građene od nukleinske kiseline (DNK ili RNK) i proteinskog omotača. Pošto nemaju metabolički mehanizam za sopstvenu reprodukciju nezavisno od ćelije domaćina, smatramo da se nalaze između živog i neživog sveta. Zato **nisu uključeni ni u jedno od carstava živih bića**.



Sl. 19.– Proporcije zastupljenosti carstava živih bića na Zemlji (prema Miller, 2007)

Putovanja oko sveta preduzimana od strane Evropljana pre oko 5 vekova, kao i otkriće i usavršavanje mikroskopa u XVII i XVIII veku, su doveli do mnogostrukog uvećavanja ljudskih znanja o raznovrsnosti živog sveta na našoj planeti i nicanja potrebe da se ta znanja nekako klasifikuju. Švedski botaničar, Karl Linné (sl. 18) se latio posla da napravi prvi kompletan sistem klasifikovanja živih organizama. Podele je pravio na osnovu morfologije (spoljašnje i unutrašnje građe). Predložio je dvoimeni krštavanje svake vrste (binominalna nomenklatura). Tako je postavio temelje nauci koja se zove **taksonomija** i sačinio prvu **sistemmatiku** živih bića. Razlikovao je carstvo minerala (regnum Lapideum) i dva carstva bića: biljke (Vegetabilia, danas Plantae) i životinje (Animale, danas Animalia).

Razvoj tehnika istraživanja i sve više dobivenih informacija vodili su razvoju ove podele do relativno najprihvaćenije podele na pet carstava bića, koju je 1969. godine dao američki biolog Viteker (Robert Harding Whittaker,

3.2.1. Monera

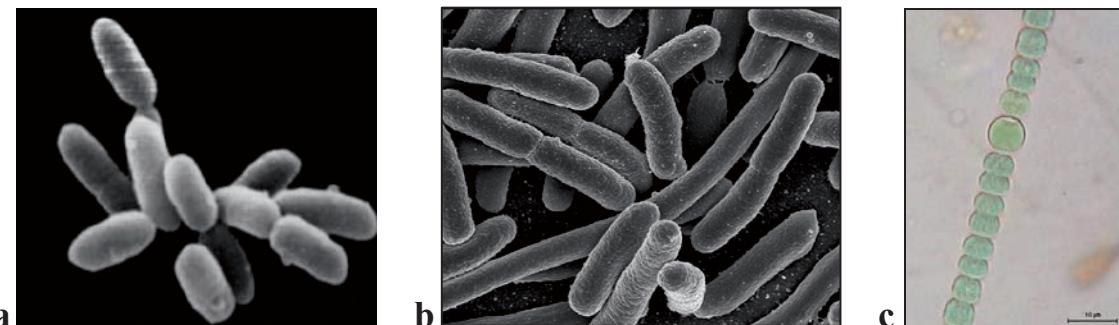
(Bacteria, Prokariotae)

su mikroskopski sitni, prokariotski organizmi (sa ćelijama koje nemaju jasno odvojeno jedro od citoplazme). Takvi su, najverovatnije, bili prvobitni živi organizmi na Zemlji. Bakterije žive u svim životnim sredinama, uključujući i ljudski organizam. Njihova je uloga u reciklaži mineralnih nutrijenata u biosferi, u prečišćavanju zagađenih voda. Neke izazivaju epidemije. Morfološki postoje svega u tri forme: bacili (štapićaste), koke (loptaste) i spirili (spiralne). Dele se na:

Archaeabacteria (metanogene) koje žive u anaerobnim uslovima, sjedinjujući CO₂ i H₂ u metan i vodu, a od organskih materija dovoljno im je prisustvo metanola, formola ili acetata, kojih je bilo i u ranoj istoriji Zemlje; **halofitne** – žive u ekstremno slanim staništima; **termoacidofilne** – žive u izvorima temperature 80–90°C i pH vrednošću dva) (sl. 20a).

Eubacteria (prave bakterije) koje se dele prema sklonosti bojenju tehnikom po Gramu, na **Gram-negativne** i **Gram-pozitivne** [Clostridia uključujući i mikoplazme veličine 0,1–0,25 nm, Actinomycetes, Spirochaetes, Myxobacteria, Rickettsia, purpurne bakterije (gde spada i *Escherichia coli*) i zelene sumporne bakterije] (sl. 20b).

Cyanobacteria (modrozelene bakterije, do nedavno tretirane kao modrozelene alge – **Cyanophyta**) žive u/na vlažnim staništima (u morima i slatkim vodama, vlažnom zemljištu); eksplozija njihovih populacija u vodama (posledica zagađenja istih suvišnim nutrijentima, uglavnom fosfatima i nitratima) se naziva „cvetanje algi“. Mnoge od njih produkuju jake toksine (sl. 20c).



Sl. 20. – Predstavnici carstva Monera: a – Archaeabacteria, b – Eubacteria i c – Cyanobacteria
[\(http://en.wikipedia.org/wiki/\)](http://en.wikipedia.org/wiki/)

[http://www.scienceinreview.com/2007/environment-friendly-fuel-cyanobacteria-as-ethanol-producers.html\)](http://www.scienceinreview.com/2007/environment-friendly-fuel-cyanobacteria-as-ethanol-producers.html)

Ostala četiri carstva pripadaju **eukariotskim organizmima** (tj. Eukariota-ma, jer je njihovo jedro jasno odvojeno od citoplazme).

3.2.2. Protista

Jednoćelijski organizmi koji su evolutivno stari preko milijardu godina. Do danas ih je opisano 20.000–30.000 vrsta. Manji broj njih je autotrofan (sami proizvode organske materije), a većina heterotrofna (koriste gotove organske materije, koje je neko drugi sintetisao, bilo da se hrane *holozojski*, kao životinje, ili *saprobeno* – poput gljiva). Prema ishrani su i podeljene na tri grupe filuma.

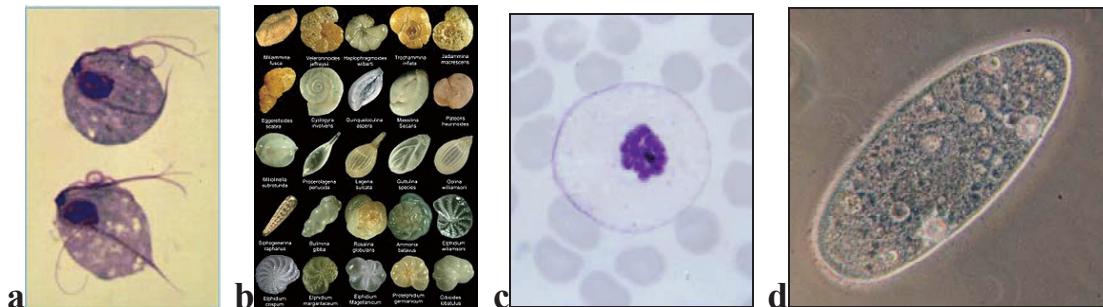
Autotrofna su četiri filuma algi: **Pyrrophyta** (vatrene, **Dinoflagellata**) – sadrže hlorofil a i c; **Euglenophyta** (euglenofita) – sadrže hlorofil a i b; **Bacillariophyta** (silikatne, **Diatomea**) – sadrže hlorofil a i c; **Chrysophyta** (zlatne) – sadrže hlorofil a, c i e (sl. 21).



Sl. 21. – Predstavnici autotrofnih Protista: a – vatrena alga, b – euglena, c – silikatna alga

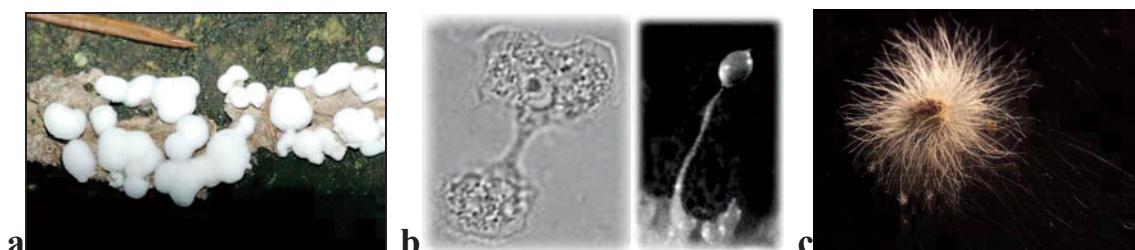
i d – zlatna alga (<http://commons.wikimedia.org/wiki/>,
<http://www.occc.edu/biologylabs/Documents/Animals/Protozoans.htm> i
<http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bacillariophyta>)

Heterotrofni holozojski Protisti (tzv. praživotinje, ili Protozoa) se takođe dele u četiri filuma, ali na osnovu organela za kretanje: **Zoomastigina (Zooplankton, Mastigophora)** imaju bićeve, **Sarcodina** (gde spadaju i amebe) se kreću „lažnim nožicama“ (pseudopodijama), **Apicomplexa** (sinonim Sporozoea: paraziti sa vrlo složenim životnim ciklusom, npr. uzročnici malarije) i **Ciliophora** koje su najkrupnije (100–400 µm), najsloženije i kreću se cilijama (trepljama) ili ih poseduju bar na delu kojim se hrane (sl. 22).



Sl. 22. – Predstavnici heterotrofnih Protista: a – Zoomastigina, b – Sarcodina, c – Apicomplexa i d – Ciliophora (<http://commons.wikimedia.org/wiki/> i <http://dorsetmicroscopy.blogspot.com/>)

Protisti slični gljivama (saprobionti, sa telom od končastih tvorevin – hifa) su podejni u tri filuma: **Myxomycota** (sluzavke; ima ih preko 450 primitivnih vrsta; većinom žive u šumama u trulim panjevima, pod korom debala, ispod opalog lišća), **Acrasiomycota** (slične amebama; razvijaju se prvenstveno na stajskom đubretu i trulim biljnim ostacima u zemljištu) i **Oomycota** (žive u vodi kao saprobionti, tj. razлагаči biljnih i životinjskih ostataka, ali ima i parazita izazivača oboljenja biljaka i životinja, u vodi i na vlažnom zemljištu) sl. 23.



Sl. 23. – Protista slični gljivama: a – Myxomycota, b – Acrasiomycota i c – Oomycota (<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/Diderma.testaceum.closeup.jpg> i http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Water_mold_Mizukabi_colony.jpg)

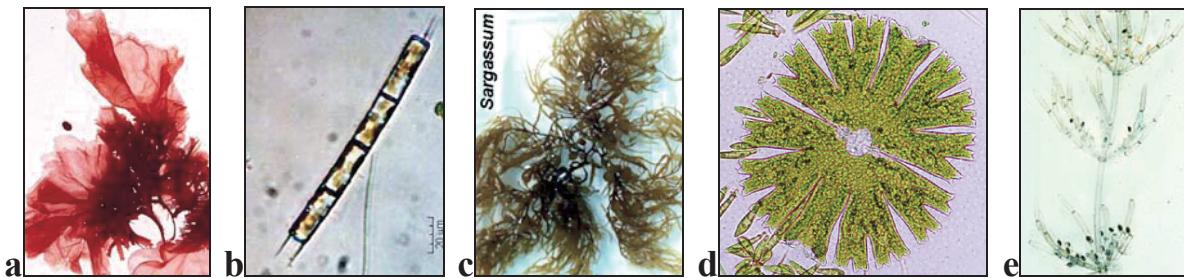
Preostala tri carstva su višećelijski organizmi, a razlikuju se po načinu ishrane i gradićelije.

3.2.3. Plantae (biljke)

Biljke su mahom autotrofi - putem fotosinteze od neorganskih sastojaka (CO_2 i H_2O), uz svetlost određene talasne dužine, zahvaljujući pigmentu u sebi, proizvode organske materije (šećere). Na Zemlji su prisutne već oko 400 miliona godina. Ima ih opisanih oko 500.000 vrsta.

Vodenu sredinu ili vlažna kopnena staništa nastanjuju **alge** (algae lat. – morska trava) (sl. 24). Vegetativno telo algi se zove *talus*, i nikada nije diferencirano na stablo, koren i list. Zato se niže biljke često nazivaju i **talofitama**, za razliku od viših biljaka – **kormofita**. Od kvantitativnog i kvalitativnog sastava pigmenata u celijama algi zavisi njihova boja. Alge su zelene (*Chlorophyta* i *Charophyta*) ukoliko hlorofil nije maskiran drugim pigmentima. Pošto je pet ranije algama pripadajućih grupa (tzv. razdela) novom sistematskom svrstano u Monera i Protista, preostaje još pet razdela: **Rhodophyta** (crvene alge) – sadrže hlorofil a i d; **Xanthophyta** (žutozelene) – sadrže hlorofil a i e; **Phaeophyta** (mrke) – sadrže hlorofil a i c;

Chlorophyta (zelene) – sadrže hlorofil a i b i **Charophyceae** (pršljenčice) – sadrže hlorofil a i b. Alge su dobri indikatori kvaliteta voda.



Sl. 24 – Predstavnici algi: a – crvene, b – žutozelene, c – mrke, d – zelene i e – pršljenčice

(<http://www.uic.edu/classes/bios/bios104/mike/bacteria01.htm>,

<http://www.glerl.noaa.gov/seagrant/GLWL/Algae/Chrysophyta/Cards/Tribonema.html>, <http://www.k-state.edu/organismic/images/Sargassum.jpg>, http://www.skidmore.edu/academics/biology/plant_bio/photos/photos/lab8.html)

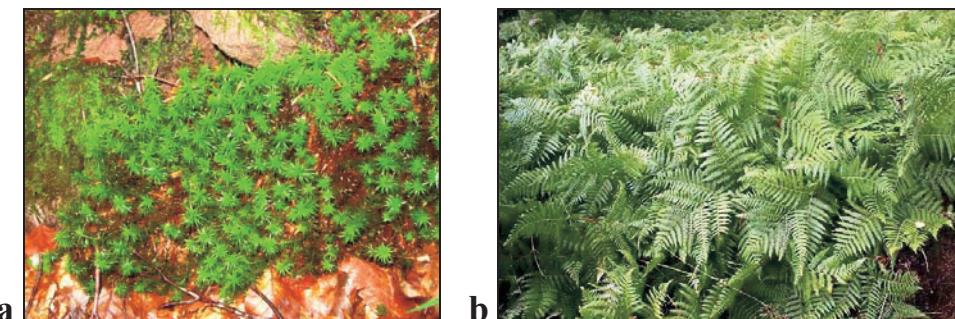
Više biljke su najbrojnija grupa u biljnom carstvu. One vode poreklo od nižih biljaka. Njihova telesna organizacija je znatno složenija. Telo više biljke je diferencirano na izdanak (stablo i listove), a često ima i koren, i zove se kormus. Stoga se sve više biljke zovu **Cormophyta**. Mahom su kopneni stanovnici. Današnje vodene više biljke su sekundarno prešle na život u vodi. *Rhinia* predstavlja izumrlu grupu biljaka koje su prve napustile vodenu sredinu. Od njih su ostali samo fosilni ostaci.

Od recentnih grupa viših biljaka mahovine i paprati su još uvek zavisne od vlage pri razmnožavanju. To ukazuje na njihovu evolutivnu starost.

Inače, više biljke se dele na četiri razdela:

Bryophyta (mahovine – nežne zeljaste biljke, koje su uglavnom na vlažnim staništima; nemaju prave provodne snopiće, a umesto korena imaju rizoid; razmnožavaju se spora-ma); dele se na dve klase – *Marchantiophyta* (jetrenjače) i *Anthocerotophyta* (prave mahovine, sl. 25a);

Pteridophyta (papratinjače – zeljaste, u tropima i drvenaste biljke, bez cvetova; ne obrazuju seme, već se razmnožavaju sporama); obuhvata prečice, rastaviće i prave paprati (sl. 25b);



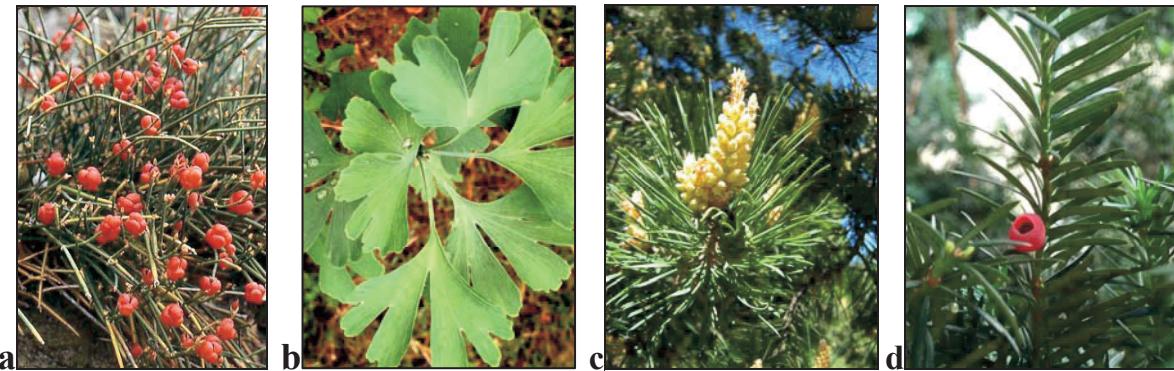
Sl. 25. – Predstavnici viših biljaka, razdela Bryophyta (a – mahovina) i Pterydophyta (b – paprat) (fotografije sa terenske nastave)

Gymnospermae (golosemenice, sl. 26) i

Angiospermae (skrivenosemenice, sl. 27).

Golosemenice i skrivenosemenice se razmnožavaju semenima. Stoga spadaju u semenice ili cvetnice (*Spermatophyta*).

Golosemenice su drvenaste biljke. Imaju jednopolne cvetove proste građe. Ženski „cvet“ (šišarka) sadrži nezavvorene semene zametke i nema dvojno oplođenje. Golosemenice se dele na redove *Ephedrales* (efedre), *Ginkgoales* (tu spada *Ginkgo biloba*), *Coniferales* (npr. jela, smrča, omorika, ariš, kedar, bor, čempres, tuja, kleka) i *Taxales* (tisa).



Sl. 26. – Predstavnici viših biljaka, razdela golosemenica: a – efedra, b – ginko, c – bor i d – tisa
 (a sa adrese http://www.hlasek.com/Ephedra_distachya_6552.html; b, c i d – sa terenske nastave)

Skrivenosemenice mogu biti drveće, žbunje, polužbunje i zeljaste biljke. Cvetovi su složenije građe, hermafroditni ili jednopolni. Semeni zamaci su zatvoreni u plodniku. Imaju dvojno oplođenje. Skrivenosemenice se po broju kotiledona u semenu dele na klase *Dicotyledones* (dva) i *Monocotyledones* (jedan).

Klasa dikotila obuhvata redove *Magnoliales* (magnolije, sl. 27a), *Aristolochiales*, *Nymphaeales* (lokvanj npr.), *Ranunculales* (ljutići), *Papaverales* (makovi), *Hamamelidales*, *Urticales* (kopriva, brest, fikus, smokva, tikva), *Fagales* (bukva, pitomi kesten, hrast), *Betulales* (breza, leska, jova), *Juglandales* (orah), *Caryophyllales* (karanfili), *Polygonales* (zelja), *Plumbaginales*, *Dilleniales*, *Theales* (kantarion), *Violales* (ljubičice), *Passiflorales*, *Capparales* (kupušnjače ili krstašice – kupus), *Tamaricales*, *Salicales* (vrbe, topole), *Ericales*, *Primulales* (jagorčevine), *Malvales* (lipa, slez, hibiskus), *Euphorbiales* (mlečike), *Thymelaeales*, *Rosales* (ruža, kupina, jagoda, dunja, jabuka, kruška, šljiva, glog), *Cunoniales*, *Saxifragales* (čuvarkuća), *Fabales* (leptirnjače – detelina, pasulj, bagrem), *Myrtales*, *Rutales*, *Sapindales*, *Geraniales* (muškatla, zdravac), *Cornales* (dren), *Araliales*, *Celastrales*, *Gentianales* (lincura), *Dipsacales*, *Polemoniales*, *Boraginales*, *Scrophulariales* (divizma, zevalica), *Lamiales* (mrtva kopriva, ruzmarin, žalfija, majkina dušica, nana), *Campanulales* (zvončić), *Asterales* (glavočike – maslačak, bela rada).



Sl. 27. – Predstavnici viših biljaka, razdela skrivenosemenica: a – dikotila (magnolija)
 i monokotila b – ljiljan, c – žito (http://www.mathcs.richmond.edu/~tkostadi/trees/htmls/magnolia_grandiflora.htm,
Lilium jankae A. Kerner. – foto S. Pešić jula 2009. na Staroj planini i
<http://www.besplatne-slike.net/biljke/zitarice/psenica-zito/slides/psenica-u-polju--zito-zri.html>)

Klasa monokotila obuhvata redove *Alismatales*, *Potamogetonales*, *Liliales* (ljiljani, sl. 27b; lukovi; agave), *Iridales* (perunike, Šafrani, gladiole), *Dioscoreales*, *Orchidales* (orhideje), *Junccales*, *Cyperales* (oštice), *Poales* (trave; strna žita, sl. 27c), *Arales* (kozlac, sočivica), *Pandanales*.

3.2.4. Animalia

Animalia (životinje) su heterotrofi (hrane se biljkama ili drugim životinjama). Prve su se pojavile pre oko 700 miliona godina. Danas ih ima preko milion opisanih vrsta.

Sistematika životinja je grana biologije koja klasificuje životinje na Zemlji. Uglavnom se bazira na anatomiji odraslih jedinki (adulata) i njihovom razviću, ali koristi i fosilne nalaze, citološka, genetička, ekološka, etološka (etologija je nauka o ponašanju) i zoogeografska otkrića. Klasifikacija počinje najnižom, osnovnom sistematskom kategorijom – vrstom (species). Srodne vrste se grupišu u rod (genus). Slični rodovi se grupišu u familije, one u redove (ordo), pa klase (classis). Klase koje imaju istu opštu građu formiraju tip (oko ili latinski – phylum). Prvu podelu životinja je još u Starom veku dao Aristotel. On je razlikovao životinje sa krvlju i životinje bez krvi. Karl Line, otac biološke sistematike, je u delu "Sistema naturae" (1758) životinje podelio na klase Mammalia (sisari), Aves (ptice), Amphibia (vodozemci), Pisces (ribe), Insecta i Vermes (crvi). U poslednju je svrstao sve beskičmenjake, sem insekata.

Međutim, mikroskopiranje je omogućilo mnogobrojna nova otkrića u svetu beskičmenjaka, pa se polako shvata da su zapravo oni dominantni, znatno brojniji i raznovrsniji od kičmenjaka.

Pri današnjoj podeli životinja na filume* (mada treba imati na umu da se sistematika razvija i podele stalno menjaju) najčešće se u obzir uzimaju opšta građa, tip simetrije tela, postojanje i vrsta telesne duplje, odsustvo ili prisustvo anusa i njegovo poreklo, prisustvo segmentacije, posedovanje nastavaka, skeleta, prisustvo i priroda ekskretornog, krvnog, nervnog, digestivnog i dr. sistema itd. Za sada nema jedinstvene podele u zoologiji, pa razni autori klasificuju životinje u devet, 13, 23, 31 ili 36 filuma.

Prema današnjim podacima opisano je oko 1.200.000–1.500.000 vrsta životinja. Od toga je oko milion vrsta insekata, 100.000–800.000 nematoda, 150.000 vrsta mekušaca, 30.000–35.000 vrsta rakova, a kičmenjaka samo oko 45.000–50.000. Godišnje naučnici otkriju i opišu oko 10.000 novih vrsta životinja. Inače, pretpostavlja se da na Zemlji živi čak oko tri miliona insekatskih vrsta, a ukupno oko pet miliona životinja.

Od 36 filuma, devet velikih obuhvata 99,2% danas poznatih vrsta.

Pošto su *Protozoa* izdvojene u Protista, carstvo *Animalia* se deli na potcarstva: *Parazoa* i *Eumetazoa*.



Sl. 28. – Morski sunđer

(<http://www.habitas.org.uk/marinelife/species.asp?item=C8560>)

ili planarije, sl. 29b), *Trematodes* (metilji);

– filum **Nematoda** (valjkaste gliste među kojima je i dečja glista, i trihina, sl. 29c) obuhvata životinje sa pseudocelomom kao telesnom dupljom;

– filum **Annelida** (člankovite gliste) broji preko 12.000 vrsta; obuhvata klase *Archannelida*, *Polychaeta*, *Oligochaeta* (tu spadaju kišne gliste, sl. 29d) i *Hirudinea* (pijavice);

Potcarstvo **Parazoa** se odlikuje dvoslojnom građom (samo primarni klicini listovi). Uključuje filum **Spongia** (**Porifera**, tj. sundere, sl. 28). Sunderi se dele na klase prema materijalu od kojeg im je izgrađen skelet *Calcarea* (CaCO_3), *Hexactinellida* (SiO_2) i *Demospongia* (od spongina). Mahom su morski stanovnici.

Potcarstvo **Eumetazoa** obuhvata sve ostale višećelijske životinje:

- filum **Cnidaria** (**Coelenterata**, dupljari, žarnjaci) sa klasama *Anthozoa* (korali, sl. 29a; i sase), *Scyphozoa* (meduze) i *Hydrozoa* (tu spada i hidra);

- filum **Platodes** (**Platyhelminthes**, tj. pljosnati crvi) – klase *Turbellaria* (slobodnoživeći trepljasti crvi

*phylum

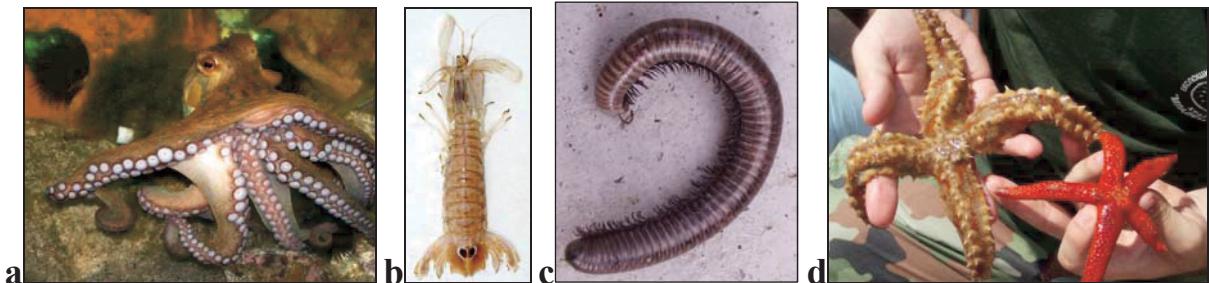


Sl. 29. – Predstavnici a – dupljara, b – pljosnatih crva, c – valjkastih glista i d – člankovitih glista
 (sa terenske nastave a i d, <http://web.mit.edu/neuro/planaria.html> i
<http://immunologica.ru/wp-content/uploads/2007/06/odheoeiaeaa.gif>)

– filum **Mollusca** (mekušci) obuhvata klase *Monoplacophora*, *Aplacophora*, *Polyplacophora*, *Scaphopoda*, *Gastropoda* (puževi), *Bivalvia* (školjke) i *Cephalopoda* (glavonošci, poput sipe, lignje, hobotnice, sl. 30a);

– filum **Arthropoda** (zglavkari) je najbrojniji na Zemlji; pored izumrlog subfiluma *Trilobitomorpha* obuhvata recentne (danас живеće) subfilume *Chelicerata*, *Crustacea* i *Uniramia*; u *Chelicerata* spadaju klase *Merostomata*, *Picnogonida* i *Arachnida* (paukolike životinje – škorpije, pseudoškorpije, pauci, krpelji, kosci i dr.); *Crustacea* su rakovi, sl. 30b; *Uniramia* obuhvata najveću klasu, *Insecta* (*Hexapoda*) sa potklasama Apterygota (beskrili insekti) i Pterygota (krilati i malobrojni sekundarno beskrili) i četiri klase stonoga (*Myriapoda*) – Diplopoda, Chilopoda (sl. 30c), Pauropoda i Symphyla;

– filum **Echinodermata** (bodljokošći) čine morske deuterostomia (oko 20.000 vrsta) svrstane u klase *Astroidea* (morske zvezde, sl. 30d), *Ophiuroidea* (morske zmijuljice), *Echinoidae* (morski ježevi), *Holothurioidea* (morski krastavci) i *Crinoidea* (morski krinovi);

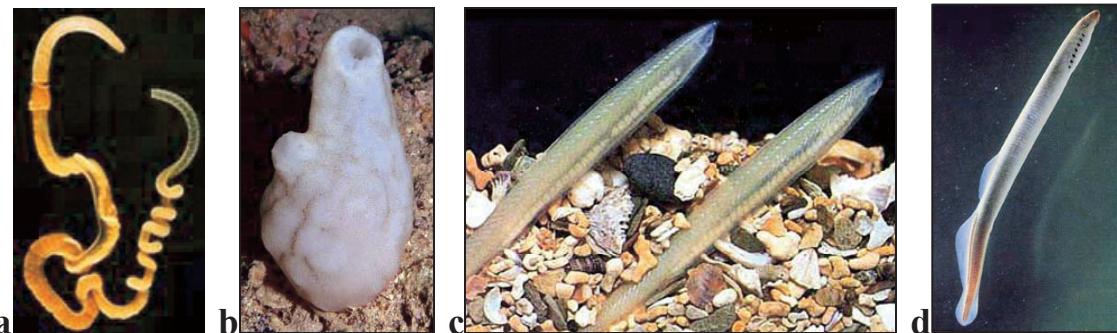


Sl. 30. – Predstavnici a – mekušaca, b,c – zglavkaza i d – bodljokožaca
 (http://www.encyclopedia.com.pt/articles.php?article_id=903,
<http://www.sealifebase.org/Photos/PicturesSummary.php?ID=27264&what=species> i
 sa terenske nastave c i d)

– filum **Hemichordata** ima samo 80 vrsta koje žive kao solitarni crvi, do 2 m veliki, ukopani u podlogu priobalja mora (sl. 31a);

– filum **Chordata** obuhvata četiri podtipa: *Tunicata* (plaštaši, sl. 31b), *Cephalochordata* (sl. 31c) i *Vertebrata* (kičmenjaci); *Vertebrata* se dalje deli na klase *Agnatha* (sa potklasom *Cyclostomata* – kolousta, sl. 31d), *Pisces* (ribe; potklase su: *Chondrichtyes* – ribe sa hrska-vičavim skeletom, npr. ajkule i raže; *Osteichthyes* – ribe sa koštanim skeletom; i *Dipnoi* ribe sa plućima, tzv. dvodihalice), *Amphibia* (vodozemci; dele se na potklase *Gymnophiona* – bez noge, *Urodea* – repate poput daždevnjaka i *Anura* – bezrepe, gde spadaju žabe), *Reptilia* (gmizavci; gde ima više izumrlih nego recentnih grupa; iz podklase *Synapsida* je red *Chelonia*

– kornjače; u potklasi *Diapsida* je red *Crocodylia* – krokodili i kajmani; potklasa *Parapsida* obuhvata red *Squamata* sa podredovima *Lacertilia* (gušteri) i *Ophidia* (zmije), Aves (ptice); izumrle su iz potklase *Archaeornithes*, a recentne *Neornithes* se dele na dva reda – *Ratitae*, koje su trkačice, i *Carinatae*, koje mogu da lete) i *Mammalia* (sisari).



Sl. 31. – Predstavnici a – Hemichordata,
b–d – Chordata (Tunicata, Cephalohordata i Vertebrata – Agnatha)
(a, c i d sa <http://www.bethel.edu/~johgre/bio114d/LowerVerts.html>; b sa <http://www.ascidians.com/>)

Klasa sisara od recentnih grupa sadrži:

potklasu *Prototheria* sa redom *Monotremata* (kljunari; žive u Australiji);

potklasu *Metathereria* (*Marsupialia*; to su torbari; dele se na red mesojedih – *Polyprotodontia* i red biljojedih – *Diprotodontia*); i

potklasu *Eutheria* (*Placentalia*; placentalni sisari) sa redovima *Insectivora* (bubojeti, poput krstice), *Chiroptera* (slepi miševi), *Carnivora* (zveri – psi, medvedi, mačke, foke i dr.), *Cetacea* (kitovi), *Rodentia* (glodari – zečevi, dabrovi, miševi, slepo kuće i dr.), *Edentata* (krezubice), *Artiodactyla* (papkari – svinja, kamila, jelen, goveče, ovca), *Peryssodactyla* (kopitarji – tapir, konj), *Proboscidea* (slonovi), *Sirenia* (morske krave), *Hyracoidea*, *Tubulidentata*, *Prosimiae* (polumajmuni, npr. lemuri) i *Simiae* (majmuni – npr. makakus, gorila, šimpanza, čovek).

Po nekim sistematikama *Chordata* su samo klasa u okviru velikog filuma *Coelomata* (životinja sa celom).

3.2.5. Fungi (Mycetalia, Mycota)

Prvi predstavnici ovog carstva su se na Zemlji pojavili verovatno kada i biljke. Ima preko 100.000 opisanih vrsta gljiva. Mikologija je grana biologije koja proučava carstvo gljiva. Pošto su predstavnici nekadašnjeg razdela *Myxomycota* premešteni u Protista, preostao je samo razdeo **Eumycota** (prave gljive). Većinom imaju vegetativno telo predstavljeno micelijom sastavljenom od granatih niti – hifa, sa diferenciranim zidovima. Osmotskim putem mice lija celom površinom upija hranu prodirući u supstrat. Dele se na pet podrazdela.

Mastigomycotina – uglavnom žive u vodama. Razmnožavaju se pokretnim zoosporama.

Zygomycotina su uglavnom suvozemne, ili žive u crevima kopnenih zglavkara.

Ascomycotina je najveća grupa gljiva – oko 2.000 rodova, sa 30.000 vrsta. Tu spadaju kvasci, pepelnice, plesni. Neke su jednoćelijske, a neke imaju plodonosna tela preko 10 cm. Uglavnom su zemljisne, mada ima i vodenih. Mnoge su paraziti biljaka (sl. 32 a i b).

Basidiomycotina (više gljive) – po plodonosnom telu vidljivom van supstrata tu spadaju rđe, garke, pihtjaste gljive, puhare, pečurke (sl 32c).

Deuteromycotina (nesavršene gljive) – zauzimaju svako moguće stanište i tip supstrata.



Sl. 32. – Predstavnici carstva gljiva: *Amanita muscaria*, *Sarcoscypha coccinea* i *Aspergillus* sp.

(http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2008/miller_melo/afumig6-%20barron,%20univ%20guelph,%20email.jpg,
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scarlet_elf_cap_cadnant_dingle.jpg i
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amanita_muscaria_tyndrum.jpg)

Mikoriza je obostrano korisna veza gljiva i korenja viših biljaka (sl. 142c).

Značaj gljiva u prirodi je ogroman. One su nezamenljivi razлагаči ostataka biljaka i životinja u ekosistemima. Osim toga, plodonosna tela mnogih Basidiomycotina se koriste u ishrani ljudi. Neke se i industrijski gaje: šampinjon *Agaricus bisporus*, bukovača *Pleurotus ostreatus*, Šitake *Lentinus edodes*, tartuf *Tuber cibarium*. Osim toga, gljive se široko koriste u procesima vrenja (proizvodnja piva, vina, hleba). Mnoge produkuju biološki aktivne materije (enzime, organske kiseline, vitamine, antibiotike (penicilin je produkt metabolizma gljiva iz roda *Penicillium*) i alkaloidi.

Savremena sistematika nije statična. Naprotiv, u proteklom veku je doživela brojne drastične promene, odražavajući trendove u naučnim otkrićima (tab. 3).

Tabela 3.– Istorijski pregled menjanja shvatanja najviših taksona u prethodna tri veka
 (prema http://en.wikipedia.org/wiki/Kingdom_%28biology%29)

Linnaeus 1735.	Haeckel 1866.	Chatton 1937.	Copeland 1956.	Whittaker 1969.	Woese i sar. 1977.	Woese i sar. 1990.
2 carstva	3 carstva	2 imperije	4 carstva	5 carstava	6 carstava	3 domena
nisu razmatrane	Protista	Prokaryota	Monera	Monera	Eubacteria	Bacteria
Vegetabilia	Plantae	Eukaryota	Protista	Protista	Protista	Archaea
Animalia	Animalia		Fungi	Fungi	Fungi	Eukarya
			Plantae	Plantae	Plantae	
			Animalia	Animalia	Animalia	

1998. godine Thomas (Tom) Cavalier-Smith profesor evolucione biologije na univerzitetu Oksford je Protista razbio na dva nova carstva, Chromista (nova filogenetska grupa zlatnomrkih algi koje imaju hlorofil a i c) i Protozoa. Tako po njemu imperiju Prokaryota čini samo carstvo Bacteria, dok u Eukaryota spadaju carstva Animalia, Plantae, Fungi, Chromista i Protozoa. Primenujući nove, molekularne tehnike dopunjavao je u više navrata ovu konцепciju filogenije živoga sveta.

Pitanja za samopроверу znanja

1. Šta znate o pojavi prvih živih oblika na Zemlji?
2. Opišite ukratko evoluciju živoga sveta na Zemlji.
3. Šta su taksonomija i sistematika?
4. Kako izgleda jedna od najprihvaćenijih klasifikacija živoga sveta na Zemlji?
5. Šta su Monera? Šta podrazumeva njihova prokariotska grada?
6. Šta su eukariotski organizmi (Eukariota)?
7. Šta znate o carstvu Protista?
8. Šta znate o carstvu Plantae (biljke)?
9. Šta znate o carstvu Animalia (životinje)?
10. Šta znate o carstvu Fungi (gljive)?



4. Autekologija (idioekologija)



Insektivora biljka *Pinguicula balcanica* Casper, 1962. snimljena 25. maja 2010. na Staroj planini
(foto S. Pešić)

4. AUTEKOLOGIJA (IDIOEKOLOGIJA)

Autekologija istražuje odnose **pojedinačnog organizma (individue, jedinke) i okoline.**

Ako posmatramo ma koji organizam, primetićemo u njegovoj morfologiji, ponašanju, fiziologiji i dr. prilagođenosti na sredinu. Sa druge strane, dugotrajni odnosi ostavljaju tragove i na samoj sredini. Mesečeva površina, npr., je primer „čistog“ supstrata, bez ičega živog. Za razliku od nje, tipovi zemljišta na Zemlji (gajnjачa, smonica, podzol i dr.) su proizvod sadejstva klime, supstrata i živog sveta. U Sahari je pesak koji vetar lako prenosi. Taj supstrat danas ima neživi izgled. Međutim, kada vetar oduva pesak, ukazuju se brojni panjevi, koji ukazuju na postojanje nekadašnjih šuma, iz vremena kada je tu vladala klima slična današnjoj u Dalmaciji. Kada bi pustinju zalivali, povratio bi se živi svet, i u interakcijama supstrata i organizama od peska postepeno formirao neki tip zemljišta.

4.1. EKOLOŠKA NIŠA I ŽIVOTNA FORMA

Posmatranjem ma kojeg organizma po morfologiji (izgled i građa), fiziologiji (funkcionisanje), etologiji (ponašanje) i drugim aspektima, primećujemo njegove prilagođenosti na životnu sredinu.

Tokom dugotrajne evolucije svaka vrsta se specifično prilagodila na uslove u dатој sredini. Stanište (habitat, mesto boravka, stacija) je fizičko mesto gde vrsta živi. Međutim, **skup specifičnih zahteva koje vrsta ima prema sredini i na koje se ona privikla boravkom u njoj, zove se ekološka niša.*** Drugim rečima, to je mesto, **funkcija date vrste u ekonomiji prirode**. Znači, ekološka niša je znatno širi termin od staništa.

Dobar indikator i merilo za shvatanje da li je neka populacija posebna vrsta jeste njena ekološka niša. U normalnim uslovima u jednoj ekološkoj niši nema dve vrste, već se resursi dele. Retko dve srodne vrste koriste jednu istu nišu. Samo u privremenim stanjima sudara dve faune može do toga doći, ali i tada tek na neko vreme.

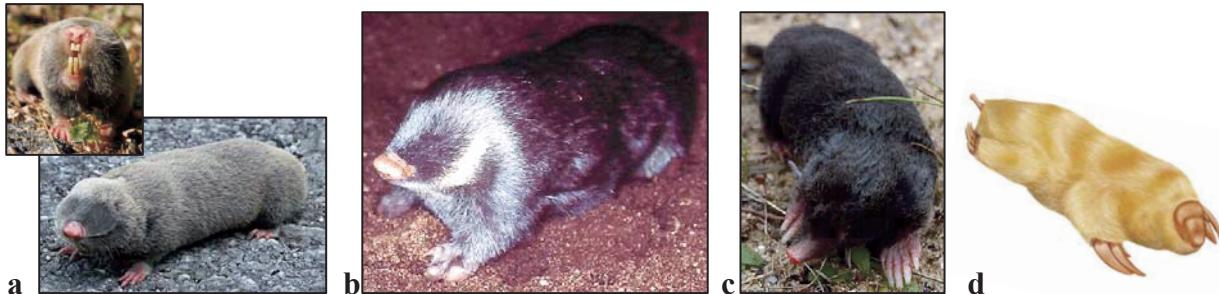
Poznavanje ekoloških niša je bitno za razumevanje biogeografije. Međutim, to nije lako. Na primer, u našim jezerima, naročito dobro će uspevati štuka, koja je grabljiva riba, izduženog tela, vilica isturenih u vidu kljuna (kako bi što pre ščepala plen), ima šiljate zube povijene unazad, koji sprečavaju da plen isklizne i pobegne. Međutim, loš je plivač, peraja pomerenih unazad (to je adaptacija za munjeviti napad na plen; brza je samo na kratkim relacijama), boje tela slične sredini. Razvila je razbojnički sistem lova (čeka u busiji skrivena između vodenog bilja). Napada druge ribe, pačice i dr., ali i sopstvenu vrstu, Štuka zauzima nišu grabljive ribe. Sa druge strane, jegulja živi sasvim drugačije: krije se pod kamenjem, među korenjem; može da napadne druge ribe, ali se pretežno hrani crvima, pijavicama i sl. Ova dva primera, gde obe vrste jesu grabljive, ali nisu konkurenti, pokazuju da se ekološka niša grabljivica može raščlaniti na više podniša. U Ohridskom jezeru je ekološka niša grabljivica uslovno slobodna: pastrmka letnica nije adaptirana na ovu nišu, jer nije morfološki podešena na grabljivi život (hrani se u bistroj hladnoj vodi insektima, mirno čekajući da joj struja vode donese insekta), međutim, u nedostatku štuke, ona se u ovom jezeru uselila u grabljivu nišu.

* Koncept i geneza pojma „ekološka niša“ su prilično složeni. Pojam (fr. *nicher* – gnezdit se) je 1917. prvi upotrebio J. Grinnell, podrazumevajući samo **prostornu (stanišnu) nišu**. Definiciju je deset godina kasnije dao C. S. Elton (mesto određene životinje u zajednici u kojoj se nalazi), što je, zapravo, bila **prehrambena (trofička) niša**. Koncept ekološke niše je 1957. popularisao G. E. Hutchinson u potrazi za objašnjenjem zašto ima tako mnogo različitih tipova organizama u istom staništu, tj. formulisana je **višedimenzionalna (hiperprostorna) niša**.

Pojam ekološke niše je složen. Svaka niša se može razložiti na više manjih, čiji „stanaři“ (vrste) ne konkurišu jedni drugima. Svaka vrsta ima specifičnu ekološku nišu u kojoj joj niko ne konkuriše, jer je upravo ona najbolje adaptirana na uslove u toj niši. *

Neposredno u vezi sa ekološkom nišom je **životna forma**. Ona predstavlja **skup međusobno usaglašenih adaptivnih karakteristika određene vrste koji joj obezbeđuje usaglašenost i sa ekološkom nišom**. Drugim rečima, životna forma je adaptivni tip koji odražava neposredne odnose vrste prema kompleksu uslova u kojima ona živi. Ona je plod evolucije i bitna sistematska karakteristika svake vrste. Analiza životne forme nam omogućava da prepoznamo svojstva sredine u kojoj ona živi, tj. ekološku nišu kojoj pripada.

Životna forma je odlika vrste.



Sl. 33. – Životna forma: a – *Nannospalax leucodon* (Nordmann, 1840), b - *Chrysochloris asiatica* (Linnaeus, 1758), c - *Talpa europaea* Linnaeus, 1758 i d - *Notoryctes typhlops* (Stirling, 1889)

(a i c sa <http://www.hlasek.com/>, b sa http://www.afrotheria.net/golden_moiles/index.html

i d sa <http://www.images.com/image/481199/marsupial-mole-notoryctes-tumphlops/>)

Na primer, larve svih muva su crvolike, ali različite: one koje žive na mesu ili gljivama imaju jedan oblik; druge, koje žive u sredini sa dosta tečnosti (npr. septičke jame), imaju repoliki nastavak, koji je zapravo izvod stigme (on na vrhu oko otvora ima higroskopne dlačice, koje onemogućavaju prodor tečnosti u traheju, a dopuštaju ulazak vazduha pošto ova cevčica štrči iznad površine tečnosti). Dakle, **unutar jednog načina života ima raznih životnih formi.****

* Na primer, sve kišne gliste buše supstrat i hrane se njime, ali ih kod nas ima više desetina vrsta, različitih dimenzija i boje. Kopanjem na jednom mestu možemo zateći tri do pet vrsta. Koriste li sve one istu ekološku nišu? Ne, iako su sve u zemljisu. Crvenkaste (poput *Lumbricus rubellus*) žive pri površini (do 30 cm, ali pretežno na dubini od 1 cm) i pod kamenjem. Smeđe žive dublje (do 50 cm). Debele, deblje od prsta, duge po 30 cm (neke *Allolobophora*) nalazimo i na 1–2, pa i 5 metara dubine (one nikada ne izlaze na površinu). Sitne (do 5 cm duge) gliste roda *Dendrobaena* žive između slojeva opalog, natrulog lišća, hraneći se bakterijama koje razlažu lišće. Pored potoka, između opalog lišća, gde je prilično hladno i vlažno žive druge vrste, još sitnije. Treće, pak, borave u pesku uz reke. Neke gliste grade vertikalne hodnike, kroz koje noću izlaze van, ali samo prednjim krajem. Kanali su, inače zatvoreni, kako unutra ne bi prodrli mravi, voda, insekti, hladan vazduh i sl.; ako skinemo čep, glista će ubrzo na kraju kanala napraviti novi. Gliste koje pretežno žive među korenjem trava, za razliku od prethodnih, nećemo moći da isteramo „formalinskim metodom“ (0,4-0,5% rastvorom formalina se naliva tle i tako isteruju gliste, jer im on peče kožu). Svaka vrsta ima svoju specifičnu nišu, na koju je upravo ona najbolje adaptirana, tako da između bliskih vrsta nema suparništva. Ako debela glista izade na površinu tla (što se prirodno dešava posle velikih kiša), uginuće, jer nije adaptirana za život na površini. U početku evolucije kišnih glista je postojala jedna ekološka niša, koja se vremenom razgrađivala formiranjem novih oblika.

Grabljive ptice su u različitim ekološkim nišama, često jasno odvojenim. Orlovi napadaju plen. Supovi su prešli na ishranu leševima. Orao ribar se specijalizovao za ribolov (ustremljuje se i pod vodom hvata plen). Sokolovi se hrane različito – jedni glodarima, drugi skakavcima, treći pticama itd. Svi su lovci, ali su im žrtve različite.

Ose najeznice napadaju različite insekte – jedne dvokrilce, druge skakavce, treće gusenice određenih vrsta leptira.

** Ili drugi primer. Skakavci žive na raznim biljkama, pod kamenjem, u pećinama i dr. Međutim, skakavci ljudi, stepa, savana (uopšte, travnatih terena) imaju posebnu formu: koničnu glavu, napred izvučenu (sa strane gledano trouglastu); telo je na preseku usko (uže nego što je visoko); kandžice su specijalno građene; imaju arolijume (da bi se lakše održavali na tankim travkama); vilični aparat specijalno građen (mandibula ima dva dela: šiljast, jako razvijen, prilagođen za sečenje – pars incisiva, i zadnji za mlevenje – pars molaris), jer su trave

Pored toga, **različite životinje mogu imati sličnu životnu formu** (sl. 33). Slepko kuče (*Nannospalax leucodon*) spada u familiju Muridae, u okviru reda glodara (Rodentia). To je životinja dužine 20 cm, valjkastog tela, mase oko 200 g, zatupaste glave, kratkog vrata, jako razvijenog ramenog pojasa. Ima dobro razvijene sekutiće, gusto krzno i zakržljalo čulo vida (kožica prekriva sitne oči). Ušne školjke su mu izuzetno male, a rep kratak. Na prednjim nogama ima po četiri prsta sa kandžama, a na zadnjim po pet, takođe sa kandžama. Živi pod zemljom gradeći duge hodnike, a zemlju izbacuje na površinu u vidu humki. Isključivi je herbivor – voli krtole krompira, lukovice crnog i belog luka, rizome georgina, mlade izdanke biljaka. Svaka jedinka gradi sopstveni splet hodnika, sa proširenjima specijalizovanih namena – spavaonica, nužnik i skladište hrane (čak 80 kg hrane smešta unutra). Kopa tako što jakim čelom gura zemlju iskopanu sekutićima. Evropska krtica *Talpa europaea* spada u red Insectivora, familiju Talpidae. Hrani se glistama, crvićima, tvrdokrilcima. Ima izduženu njuškicu, kratke noge i rep. Šape joj služe za kopanje. Krzno je kratko i glatko. Znači slepo kuče i krtica, kao i afrička krtica *Chrysochloris asiatica* (red Afrosoricida, familija Chrysochloridae), australijska torbarska krtica *Notoryctes typhlops* (potklasa Marsupialia, red Notoryctemorphia, familija Notoryctidae) (sl. 33), ali i insekt rovac (*Gryllotalpa*), larve bube gundelja i dr., iako su životinje različite sistematske pripadnosti, imaju sličnu formu, jer vode podzemni, kopajući način života.

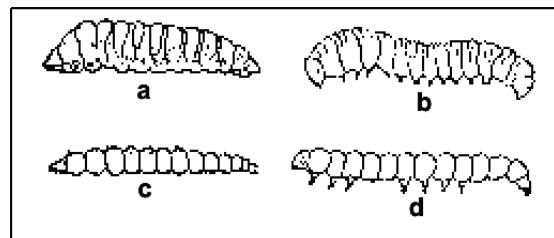
Zaključujemo da je životna forma ekološka karakteristika vrste i nije vezana za jednu sistematsku grupu. U okviru iste sistematske grupe (reda, familije i sl.) se mogu sretati čak vrlo različite životne forme. Na primer, sisari (Mammalia) su i plivači i letači, trkači, ronioci, kopači itd. To je **adaptivna plastičnost** grupe.

Zbog sličnog načina života vrste koje pripadaju različitim taksonomskim grupama mogu biti sličnije po životnoj formi, nego vrste iz iste grupe. Na primer, slobodnoživeća larva opnokrilca (Hymenoptera) više liči na slobodnoživeću larvu leptira, nego minirajuću pripadnicu svoga reda (sl. 34).

Sistematisacija životinja po životnim formama ne bi bila ispravna, jer su u pitanju evolutivne funkcionalne sličnosti, tj. analogije, a ne homologije.*

Grupe različitog filogenetskog porekla i nivoa složenosti žive kao slične životne forme.

Studija životne forme neke vrste nam mnogo kazuje o specifičnostima njene ekološke niše.



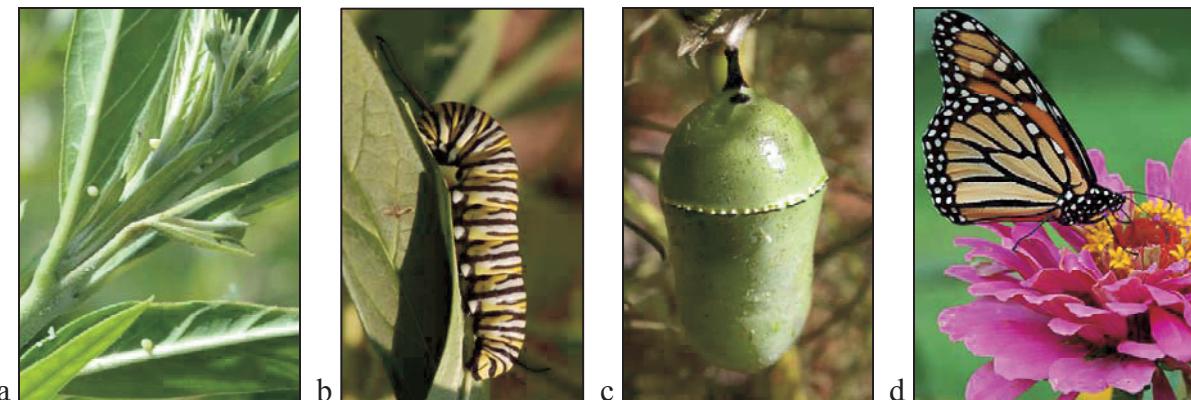
Sl. 34. – Minirajuća (a) i slobodnoživeća (b) larva insekata opnokrilaca; minirajuća (c) i slobodnoživeća (d) larva leptira
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1977)

(Gramineae po starom nazivu, Poaceae po novom) tvrda hrana; jaja polažu u busenove, između vlati trava. To su graminifilni skakavci. Skakavci koji, pak, žive između busenova trava, na površini zemljišta, su drugačiji: glava im je zatupastija – između temene i čeone strane je prav ugao, jer ne moraju da se probijaju kroz travu; telo je na preseku široko koliko i visoko; imaju jake femure za skakanje; kandžice im nisu oštре; jaja odlažu u rupe u zemljištu. Ovo su geofilni skakavci.

* Na primer, na ishranu sitnim organizmima filtriranjem vode uglavnom su „osuđene“ slabo pokretne ili sesilne životinje. Tako cilijatna *Protocella* ima na dnu bokalastog dela ćelije pelikularni nastavak, tj. dršku, koja je kontraktilna, a oko otvora "bokalića", gde prima hranu je snop cilija koje trepere i teraju prema citostomu u vrtlog uhvaćene sitne organizme, koji se potom lepe za citoplazmu i oko njih se obrazuju hranljive vakuole. Slično je kod Rotatoria – pričvrste se privremeno "repom" i rotatornim aparatom hvataju i u sebe uvlače Protozoae, jednoćelijske alge i sl. organizme. Takođe, mahovnjaci (Bryozoa) treperenjem u sebe uteruju planktonske organizme, sesilne su, pričvršćene ledima za podlogu, sa analnim otvorom na ventralnoj strani. Phoronidea (potkovnjaci – morski crvi u cevčicama) imaju dva spiralna venca tentakula i hrane se slično. Polychaetae (mnogočekinjaste člankovite morske gliste) izbacuju razgranate škrge i njihovim treperenjem ka usnoj duplji teraju sitne oblike. Školjke i sunđeri su takođe filtratori, ali opet na različite načine.

Na primer, ribe iz naših potoka, reka i jezera se razlikuju i po formi i po ulozi. Pastrmka ima meka dorzalna peraja i malu visinu tela, jer živi u brzim vodama, gde bi joj visoka i tvrda peraja sметala u turbulentnim strujama. Glavnu ulogu u održavanju ravnoteže kod nje ima snažno repno peraje. Mrena živi u malo toplijim i mirnijim tekućim vodama, gde se više hrani crvićima koje brčićima iskopava iz supstrata, ali i njena leđna peraja su niska i telo vretenasto. Ribe mirnih voda imaju jaka i visoka leđna peraja sa čvrstim žbicama, visoko, listoliko telo (šaran, grgeč). Analizom oblika (životne forme) bilo koje ribe možemo tačno prepostaviti tip i kvalitet vode u kojoj ona živi. Naravno da se tada obraća pažnja na mnogo detalja (npr. prisustvo, oblik i veličina krljušti, obojenost, šare, veličinu i položaj očiju i dr.).

Životna forma se menja tokom razvića, pogotovo ako je zastupljena metamorfoza kao kod krilatih insekata (sl. 35), amfiba i dr.



Sl. 35. – Menjanje izgleda leptira monarha *Danaus plexippus* tokom razvića:
a – jaja, b – larva, c – lutka i d – imago ([http://en.wikipedia.org/wiki/Monarch_\(butterfly\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Monarch_(butterfly)))

Varijacije u životnoj formi se mogu uočiti unutar jedne vrste i ukoliko je ona socijalna (npr. mravi, termiti, pčele – zavisno od uloge članovi društva izgledaju i funkcionišu drugačije).*

Vrsta se razvija, varira. Tako će vrsta graminifilnog, izduženog skakavca, ako dospe na ostrvo, zbog manje količine trave, morati da se preorientiše – sve više će živeti na površini zemljišta, pa će ako ima dovoljno vremena promeniti formu u geofilnu, ali ostajući i dalje ista vrsta, što se, pored ostalog, manifestuje zadržavanjem navike polaganja jaja na travama.

Proces menjanja vrste zbog promene sredine (kroz više generacija) ima četiri faze:

1. **Etoološke promene** (promene ponašanja) su prve. To su najlakša prilagođavanja u smislu menjanja navika.
2. **Fiziološke promene** slede nakon promena navika, pogotovo prehrambenih.
3. **Morfološke promene** nastupaju prilično kasno, odnosno kada su novi uslovi sredine već dugo prisutni.
4. **Genetičke i reproduktivne promene** se najsporije dešavaju i najkasnije dolaze do izražaja, najkonzervativnije su. Na primer, jegulja je morski stanovnik, koji je osvojio slatkovodni način života, ali je razmnožavanjem ostala vezana za more.

* I u socijalno složenim populacijama ljudske vrste neosporno su potvrđene povezanosti morfoloških karakteristika sa fiziološkim i etološkim, odnosno socijalnim. Tako je npr. istraživanjima među kadetima vojne akademije West Point u SAD otkriveno da je većina onih, koji su kasnije poneli najviše vojne činove, imala nagašenu liniju brade i jako izraženu viličnu kost, što mnogi tumače kao osnovne karakteristike jakog protivnika. Inače, naučno je dokazano da su jake obrve i snažna vilica znak povišenog nivoa testosterona, koji se povezuju sa boljom fizičkom spremnošću. (iz: <http://www.glas-javnosti.co.yu/danas/srpski/SV02111303.shtml>)

Ovaj redosled evolutivnih promena vrste pri menjanju sredine je potvrđen tempom i redosledom promena u njenoj životnoj formi, jer **ponašanje, fiziologija, morfologija i genetika jesu samo različiti aspekti životne forme**.

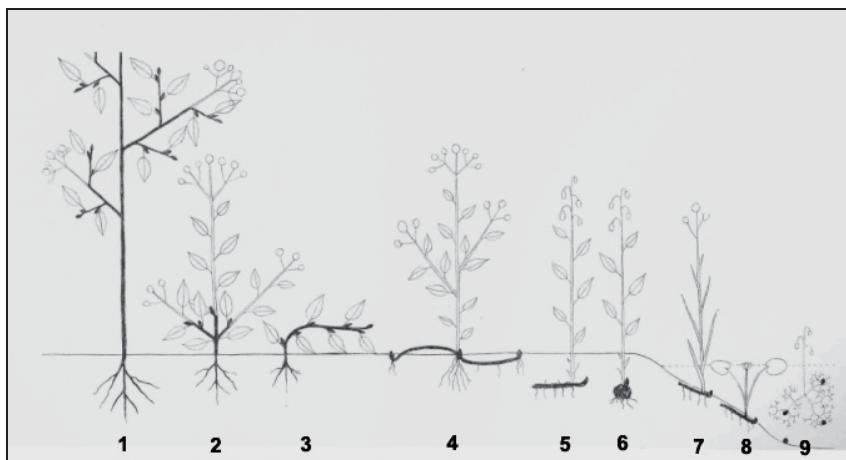
4.1.1. Klasifikacija životnih formi

Pojam životna forma je prvi put upotrebio u botanici, 1807. nemački botaničar Humbolt (Alexander von Humboldt, 1769–1859).

Mnogo kasnije (1904.) je Danac Raunkier (Christen Christensen Raunkiær, 1860–1938) dao klasifikaciju biljnih životnih formi zasnovanu na klimatskim prilagođenostima. Razlikovao je pet kategorija:

- **fanerofita** – drveće, žbunovi i višegodišnje drvenaste lijane čiji su pupoljci za obnavljanje visoko iznad površine zemlje (gr. faneros – vidljiv, otkriven);
- **hamefita** – višegodišnje biljke (žbunići i polužbunići, višegodišnje trave) čiji su pupoljci za obnavljanje na 20–30 cm iznad površine tla, zaštićeni snegom (gr. haman – na zemlji); karakteristične za hladne predele tundre, visokih planina i sl.;
- **hemikriptofita** – višegodišnje zeljaste biljke (uglavnom iz familije trava), čiji nadzemni izdanci odumiru uoči zime, a pupoljci za obnavljanje su na površini zemljišta zaštićeni opalim ili živim listovima i snegom (gr. hemi – polu, napola; gr. kripton – sakriven);
- **geofita** – višegodišnje biljke čiji pupoljci za obnavljanje i rezervne materije jesu u podzemnim organima, npr. krompir, ljiljani; i
- **terofita (kriptofita)** – većina jednogodišnjih biljaka koje preživljavaju nepovoljnu spoljašnju temperaturu ili sušu kao seme ili spore (gr. teros – godina, fiton – biljka).*

Raunkier je dopunjavao prvu podelu životnih formi biljaka (sl. 36).



Sl. 36. – Životne forme biljaka po Raunkieru iz 1907. godine: 1 – fanerofota, 2–3 – hamefite, 4 – hemikriptofita, 5–6 – geofite (kriptofite), 7 – helofita, 8–9 – hidrofite; nisu prikazane terofite i epifite (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Raunkiaer1907-life_forms-small.jpg)

Proširena podela, koju je dao isti autor, je bazirana kombinovano na mestu stanovanja i klimatskim uslovima, odnosno načinu preživljavanja nepovoljnih uslova:

1. **fitoplankton** (lebdeće mikroskopske biljke u vodi, vazduhu, na snegu ili ledu),
2. **fitoedafon** (mikroskopske biljke u tlu; edafon – zemljišna biocenoza).

* Raunkier je za čitavu Zemlju izračunao prosečni udeo ovih pet kategorija, i to nazvao normalni spektar životnih oblika biljaka (preovlađuju sa 46% fanerofite, slede hemikriptofite sa 26%, pa terofite, hamefite i najmanje ima geofita), a onda u odnosu na njega uradio prikaze po klimatskim pojasevima. U tropskom pojusu se čak 61% biljaka fanerofita, u pustinjskom i u Sredozemlju ima najviše terofita (po 42%), u umerenom, arktičkom i planinskom pojusu prednjače hemikriptofite (50%, 60% i 68%).

3. **endofite** (u unutrašnjosti stena i paraziti u telima drugih biljaka i životinja),
4. **terofite**,
5. **hidrofite** (u vodenoj sredini),
6. **geofite**,
7. **hemikriptofite**,
8. **hamefite**,
9. **fanerofite** i
10. **epifite** (biljke koje žive na površini drugih biljaka).

Postoje i klasifikacije biljaka prema habitusu (spoljašnjem izgledu):

- **drveće** – drvenaste biljke koje se granaju iznad čovekove visine, a rastu preko 1 m u visinu;
- **žbunovi** – višegodišnje drvenaste biljke koje se granaju od tla, a rastu do 5 m;
- **žbunići** – žbunovi do 0,5 m visine;
- **polužbunovi** – biljke kao žbunovi, ali im je donji deo drvenast, a gornji zeljast i izumire svake godine pred zimu;
- **jastučaste biljke** – imaju vrlo razgranate i skraćene izdanke, višegodišnje sa listovima, a jednogodišnje sa cvetovima;
- **sukulentne biljke** – imaju sočna stabla i listove, jer žive u pustinjskim predelima;
- **lijane** – biljke sa vitkim, dugim stablima, koja ne mogu da drže uspravno, nego puze uz drveće ili druge oslonce;
- **nadzemne zeljaste biljke** – ukorenjuju se u zemljištu; i
- **epifite** – zeljaste biljke učvršćene na kori ili listovima drugih biljaka, a da pri tome nisu paraziti (npr. orhideje).

Ukoliko je kao osnovni parametar za razlikovanje životnih formi biljaka vodni režim staništa, onda se razlikuju: **kserofite** (podnose sušu), **mezofite**, **higrofite** (vole vlažna staništa) i **hidrofite** (vodene biljke).

Po jačini svetlosti koju preferiraju, biljke mogu biti: **heliofite** (biljke sunca), **poluskiofite** (semiskiofite, tj. biljke polusenke) ili **skiofite** (biljke senke).

Na osnovu pH reakcije zemljišta biljke mogu biti: **acidofilne**, **neutrofilne** ili **bazofilne**.

U odnosu na prisustvo kalcijuma u tlu biljke su **kalcifilne**, **fakultativno kalcifilne** ili **kalcifobne**.

Postoji i klasifikacija biljaka prema količini hranljivih materija u podlozi.

Zooekolozi mnogo kasnije od fitoekologa počinju da koriste termin životna forma (1930–1945.). Međutim, tragove prvog grupisanja životinja prema prilagođenosti na sredinu nalazimo još kod Linea ("Sistema naturae", 1758). On je npr. ptice podelio na:

- bubojede,
- grabljivice,
- trkačice,
- plivačice i
- ptice pevačice.

Savremene zoološke podele se zasnivaju na raznovrsnim kriterijumima. Na primer, prema načinima izbegavanja nepovoljnih sezonskih klimatskih uslova.*

Prema načinu kretanja životne forme životinja mogu biti:

- **životinje koje skaču**,
- **životinje koje trče**,
- **životinje koje puze**,

* Lasta se gnezdi u proleće kod nas, a u jesen se seli u Afriku. Osim temperature na nju deluju i drugi faktori (npr. ishrana), ali i istorijski – evolucioni faktori (vraćanje ka centru nastanka).

- životinje koje plivaju,
- životinje koje lete, itd.

Prema mestu razmnožavanja:

- u duplji drveta,
- u žbunićima,
- u rakljama grana,
- pod zemljom (ženka slepog kučeta koti 2–3 mладунца; miševi i pacovi se kote 16 i više puta godišnje, tako da jedan par roditelja može dati 2000 novih jedinki godišnje, koje polnu zrelost dostižu sa nekoliko meseci),
- u vodi i na mnogo drugih mesta.

Prema društvenoj strukturi:

- pojedinačni (npr. mužjak i ženka slepog kučeta su zajedno samo u vreme parenja),
- kolonijalni (tekunica, mravi i dr.).

Nedostatak svih klasifikacija životnih formi, bilo biljaka, bilo životinja, je da se bazuju na interakciji organizama i samo jednog ekološkog faktora. Stoga je Naumov predložio da je te klasifikacije prikladnije zvati biološkim tipovima za faktor koji je uzet za osnovu (npr. **biološki tipovi** ishrane, tipovi prezimljavanja).

Tišler (Tischler, 1949) je izdvojio kompleksne životnih formi životinja po:

1. *načinu kretanja*,
2. *načinu ishrane* i
3. *mestu življjenja*.

Prema prilagođenosti na mesto stanovanja kod suvozemnih životinja po Tišleru se razlikuju:

- I. **edafobionti** (stanovnici tla),
- II. **atmobilionti** (oblici koji žive na biljkama i životinjama) i
- III. **aerobionti** (dobri letači, koji love i plen proždiru u letu).

Dalje se prve dve kategorije mogu podeliti na po više manjih, specijalizovanih.

- I.1. **limikola** (pelobionti – stanovnici mulja); mogu biti epipelobionti i endopelobionti;
- I.2. **arenikola** (psamobionti – stanovnici peščane podlage); epipsamobionti, mezopsamobionti i endopsamobionti;
- I.3. **terikola** (geobionti – žive na/u restresitom zemljištu); epibionti (na površini), mezobionti (u šupljinama u zemljištu) i endogeobionti (u unutrašnjosti zemljišta);
- I.4. **petrikola** (epilitobionti – žive na stenama i čvrstom zemljištu);
- I.5. **sklerikola** (endolitobionti – žive u stenama ili čvrstom tlu);
- I.6. **lapidikola** (mezolitobionti – stanovnici šljunkovitog zemljišta);
- I.7. **saksikola** (hipolitobionti – žive ispod kamenja);
- I.8. **kavernikola** (troglobionti – stanovnici pećina);
- I.9. **nidikola** (ekobionti – žive u tuđim gnezdima, jazbinama);
- II.1. **herbikola** (fitobionti – žive na zeljastim biljkama); epibionti (na biljkama), mezobionti (u šupljinama busenova) i endofitobionti (u biljnim tkivima);
- II.2. **lignikola** (dendrobionti – stanovnici drveća); epibionti (na kori drveća), mezobionti (u šupljinama između kore i drveta) i endodendrobionti (u unutrašnjosti drveća);
- II.3. **zoobionti** (vezani za životinje); epibionti (na površini životinja), mezobionti (u telesnim dupljama) i endozoobionti (u tkivima životinja).

Prema načinima kretanja podela životnih formi životinja bi mogla biti:

1. **planktonski** oblici (sitni, a lebde u prostoru jer su male specifične težine, tj. poseduju izraštaje, kapi masti, mehurove i sl.),
2. **sesilni** oblici (pričvršćeni za podlogu),
3. **nektonski** oblici (mišićni plivači poput riba),
4. **rijući** (krtica),

5. **puzeći oblici**,
6. **oblici koji se veru**,
7. **leteći oblici** (leteća veverica, ptice, krilati insekti i sl.).

Međutim, ni jedan od sistema ne karakteriše celovito jedan adaptivni tip. Na primer, po poslednjem predloženom bi krtica i slepo kuće pripadali istom tipu, jer riju ispod zemlje, ali se tako zanemaruje veoma važna činjenica da se njihova ishrana bitno razlikuje (krtica je insektivor, a slepo kuće biljoked).

Proširenju opsega jedne životne forme je doprineo Martino. On smatra da za šumske životinje koje se penju po drveću adekvatan termin jeste **silvikola**, za one koje riju ili trče po stepi **planikola**, za pustinjske **arenikola**, za stanovnike kamenjara **petrikola** itd.

Sergije Matvejev je u knjizi "Biogeografija Jugoslavije" (1961) usvojio da je životna forma ekološka karakteristika živih bića grupisanih po skupu prilagođenosti na život u jednom određenom **predeonom tipu**. Pokazao je da se predeone i biogeografske teritorije preklapaju, tj. da je ekološka karakteristika vrste ujedno i biogeografska. Za analizu biocenoza na ovaj, predeoni način, bila je potrebna nova klasifikacija životnih formi. U radovima Martina (1934, 1948, 1958) i Matvejeva (1956) je uvedeno nekoliko karakterističnih faktora za naše predele. Oznaka životne forme po njima treba da se sastoji od niza skraćenih oznaka koje tumače kojem biotopu ona pripada. Te oznake ovi autori nazivaju životnim karakteristikama. Dato je sedam grupa životnih formi, tj. životnih karakteristika za bića iz biogeografskog područja bivše Jugoslavije:

1. **petrikola** (u kamenjaru, u stenama),
2. **planikola** (životinje otvorenih terena, pretežno sa zeljastom vegetacijom, bez šume i gustog žぶnja),
3. **arenikola** (životinje peskovitih terena),
4. **nivikola** (životinje predela sa mnogo snega),
5. **akvatikola** (vodene životinje),
6. **drimikola** (životinje prilagođene na život u žぶnju),
7. **silvikola** (životinje koje žive u šumama i na visokom drveću).

4.1.2. Predeona pripadnost (predeoni tip) životne forme

Sa pomenutih sedam grupa životnih formi moguće je približno ekološki okarakterisati svaku vrstu u devet predeonih celina koje je za Jugoslaviju (bivšu!) izdvojio Matvejev 1961. (tab. 4).

Tabela 4. – Predeoni tipovi životnih formi životinja na teritoriji bivše Jugoslavije prema Matvejevu

Predeo	Vodeći predeoni tip
Mediteranskih zimzelenih šuma i makija	Duridrymicola*
Mediteranskih planinskih šuma na kamenjarima	Xeroconisilvicola
Submediteranskih pretežno listopadnih šuma	Xeroaestisilvicola
Balkansko–srednjoevropskih listopadnih šuma	Humidoaestisilvicola
Evropskih četinarskih šuma tipa tajge	Humidoconisilvicola
Mediteranskih stepa i polupustinja	Xeroteroplanicola
Evropskih travnatih stepa	Herboxeroplanicola
Mediteranskih planinskih kamenjara i pašnjaka	Herbopetricola
Evropskih visokoplaninskih kamenjara i pašnjaka	Humidopetricola

* durus (lat.) – tvrd; xeros (lat.) – suv; aestivalis (lat.) – letnji

4.2. EKOLOŠKI FAKTORI

Živa bića naseljavaju različite prostore na Zemlji i za njih se vezuju životnim potrebama. **Životnu sredinu ma kog organizma čine sva spoljašnja dejstva fizičke, hemijske i biološke prirode.**

Elementi spoljašnje sredine predstavljaju uslove za život, tj. **ekološke faktore**.

Ekološki faktori su **svi faktori sredine koji utiču na organizam**. Ni jedan organizam im ne može „umaći“ Njihovo menjanje može izazvati drastične promene na živim bićima. Stoga su oni osnovni predmet interesovanja autekologije.

4.2.1. Jedinstvo živoga sveta i životne sredine

Uzajamni odnos bića i sredine uslovljava obostranu zavisnost. Organizmi svojim aktivnostima menjaju sredinu. Na primer u ma kom jezeru tokom leta, za vreme intenzivne asimilacije planktonskih algi, u osvetljenim delovima vode iščezava ugljen-dioksid, snižava se koncentracija bikarbonata, količina rastvorenog kiseonika povećava iznad stepena zasićenosti i menja pH. Znači, alge aktivno menjaju hemijsko stanje vode. Analogna pojava se odigrava u morima i okeanim.

Menjući sredinu, organizmi menjaju i uslove sopstvenog opstanka. Tako, npr. korali na plitkom dnu mora izgrađuju krečne sprudove, koji se mogu izdići iznad nivoa mora i tada predstavljaju kopno, bez mogućnosti za opstanak korala na svojoj površini, već ih naseljavaju suvozemni organizmi.

4.2.2. Podela ekoloških faktora

Neophodni uslovi za opstanak većine živih bića su temperatura, voda (ona pokriva 73% naše planete), atmosferski uslovi (naročito gasovi kiseonik i ugljen-dioksid), mineralne materije (pogotovo soli azota i fosfora) i sunčeva svetlost.

Postoji više klasifikacija ekoloških faktora. Osnovna je podela na **abiotičke i biotičke**.

Abiotički su faktori nežive prirode (temperatura sredine, svetlost, vlažnost i ostali klimatski faktori, edafski, orografski, hemizam sredine, magnetizam, električna zračenja).

Biotički faktori potiču od žive prirode (uticaji jedinki iz iste i drugih populacija jedne vrste, populacija drugih vrsta, bilo kao plena, predatora, kompetitora, uzročnika bolesti...). U ovu kategoriju bi trebalo svrstati i **antropogena dejstva**.

Međutim, ova podela nije najbolja. Gde bi po njoj spadali faktori ishrane, ako je u pitanju npr. hranjenje mrtvim delovima biljaka i životinja? Zato neki naučnici izdvajaju posebnu, treću grupu faktora – **trofičke**. Međutim, voda može biti i trofički faktor, i deo sredine u kojoj organizam živi, a predstavlja i konstitutivni deo organizama.

Ovakve dileme su izazvale podelu ekoloških faktora na materijalne, kondicionalne i eventualne.

Materijalni faktori omogućavaju opstanak. Tu spadaju faktori ishrane, faktori koji omogućavaju da životinja gradi svoju „kućicu“, voda itd.

Kondicionalni (uslovni) faktori omogućavaju određenu dinamiku razvoja individue (temperatura, svetlost, vlažnost, tj. klimatski faktori).

Eventualni faktori su svi ostali, koje je teško definisati.

Prema engleskom prirodnjaku Nikolsonu (Edward Max Nicholson, 1904 – 2003), ekološki faktori mogu biti podeljeni na **rekvizitne** i **adenda** (dodatne, dopunske). Rekvizitni faktori bi obuhvatili materijalne i kondicionalne. Svi ostali bi bili dodatni faktori.

Postoji i podela na **morfoplastične** (koji utiču na spoljašnju i unutrašnju morfologiju organizama), **fizioplastične** (koji utiču na dinamiku katabolizma i anabolizma i procese razmnožavanja; npr. faktori koji kod pustinjskog putujućeg skakavca povećavaju proždrljivost i pokretljivost) i **etoplastične faktore** (koji prouzrokuju promene ponašanja, npr. izazivaju agresivnost putujućeg skakavca i nagone ga da se seli, proždirući sve pred sobom).

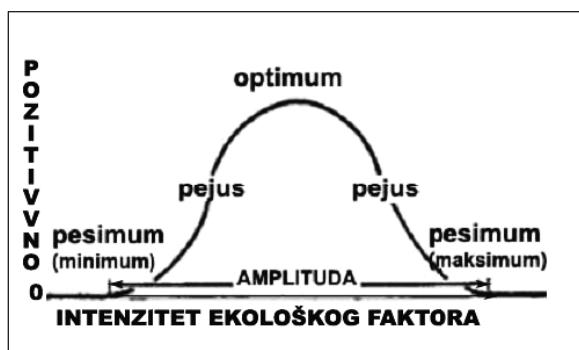
4.2.3. Odlike ekoloških faktora

Kompleks ekoloških faktora na jednom prostoru predstavlja životnu sredinu. Svi ekološki faktori imaju svoje odlike. Osnovne su **intenzitet** i **valanca**.

Svaki ekološki faktor varira prostorno i vremenski, po veličini i jačini. Temperatura, svetlost i vlažnost se menjaju od tropskih šuma i savana pa sve do tajgi i tundri, prateći geografsku širinu. Osim prostornog menjanja, ekološki faktori se menjaju i u funkciji vremena, i to kako pojedinačni, tako i u kombinacijama. Kolebanja su često u dosta širokim granicama. (npr. u pustinji tokom dana bitno varira temperatura: danju je 40°C i viša, a noću 4°C). Reljef se menjao po geološkim dobima, a sa njim i raspored mora i kopna: od arhajske periode do danas (najmanje dve milijarde godina) su se u više navrata smenjivale faze uzdizanja kopna, ali su bile i smene klime; za poslednjih 30–40.000 godina (od kraja poslednjeg ledenog doba) u Evropi su se smenile bar četiri klimatske faze: borealna (topla, suva, kontinentalna), atlantska (topla, vlažna, okeanska), subborealna (toplja, suva, kontinentalna) i subatlantska (hladnija, vrlo vlažna, okeanska) (sl. 42).

Isti ekološki faktori različito deluju na pojedine organske vrste. Za svaku vrstu postoji dijapazon za svaki ekološki faktor u kojem ona živi optimalno, tj. u kojem je dejstvo tog faktora na nju povoljno. Tako je konstatovano da npr. u termalnim izvorima Severne Amerike broj vrsta Coleoptera (buba, tj. tvrdokrilaca) smanjuje se sa porastom temperature vode: na $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ iznosi 17, na $40\text{--}42^{\circ}\text{C}$ živi pet vrsta, dok na $43\text{--}45^{\circ}\text{C}$ samo jedna.

Ekološka valanca je ukupna širina opsega variranja jednog ekološkog faktora koju data vrsta može podneti. Ona je uvek šira od optimalne zone (sl. 37). Ekološka valanca odslikava



Sl. 37. – Ekološka valanca.
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1977)

ekološku plastičnost vrste, tj. njenu reakcionu širinu.

Za svaki faktor postoje vrste sa širom i užom valencom. U pogledu temperature vode, npr. pastrmka traži hladnu vodu, jer u njoj ima više rastvorenog kiseonika, a kod šarana postoji tolerancija na mnogo niži parcijalni pritisak kiseonika u vodi, pa obitava u toplijim vodama. Većina živih organizama na Zemlji živi u uslovima temperature od -15 do $+75^{\circ}\text{C}$. Mimo ovog opsega je mali broj vrsta (u obliku spore, larve i dr.) kadar da prezivi.

Za životinju koja ima široku ekološku valencu po nekom faktoru kažemo da je po tom faktoru **euribiont**, a koja ima usku – **stenobiont** (npr. ribe tropskih voda će uginuti na 15°C , a optimum im je 28°C ; one su, znači, stenotermne). Stenotermni su i sprudotvorni korali, koji žive u okeanima u uskom pojusu oko ekvatora, gde je temperatura vode viša ili jednaka 20°C , a godišnje varira samo $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$. Nasuprot njima su euritermne vrste (npr. pustinjske, polarne itd.). Tako npr. dvogrba kamila u pustinji Gobi izdržava godišnje kolebanje temperature vazduha od $+38$ do -37°C , a polarna lisica može da izdrži variranja u dijapazonu od oko 80°C (od $+30$ do -50°C). U pogledu

koncentracije soli koju podnose, morske vrste mogu biti stenohaline ili eurihaline. Prema dijapazonu vlažnosti sredine organizmi su stenohidrični ili eurihidrični, svetlosti – stenofotični ili eurifotični, pritisku – stenobari ili euribari, hrane – stenofagi ili eurifagi (npr. gubar, koji je iz Evrope prenet u Severnu Ameriku i tamo napada 420 vrsta drveća).

Generalisti su vrste koje za većinu ekoloških faktora imaju široku ekološku valencu. Nasuprot njima, **specijalisti** imaju usku ekološku valencu za veći broj ekoloških faktora. Visoki specijalisti u pogledu ishrane zovu se **monofagi**.

Minimalna i maksimalna vrednost intenziteta onog ekološkog faktora od kojeg zavisi mogućnost života neke vrste zavise od granice ekološke valence konkretnog faktora te vrste. Optimum predstavlja onaj intenzitet faktora koji ima najblagotvornije dejstvo na tu vrstu. Pesimum je intenzitet ekološkog faktora koji je najmanje povoljan za vrstu, ali joj je život još moguć (na grafičkom prikazu na slici 37 posle minimuma i pre maksimuma). Između pesimuma i optimuma je široki pojas pejusa, u kojem organizam toleriše promene, ali nije u povoljnem stanju (sl. 37).

Šaranova temperaturna valanca je od 0 do 35°C . Optimum je na 20, a pesimumi na 0 i 35°C . Pejus su sve vrednosti između 0 i 20, kao i između 20 i 35°C .

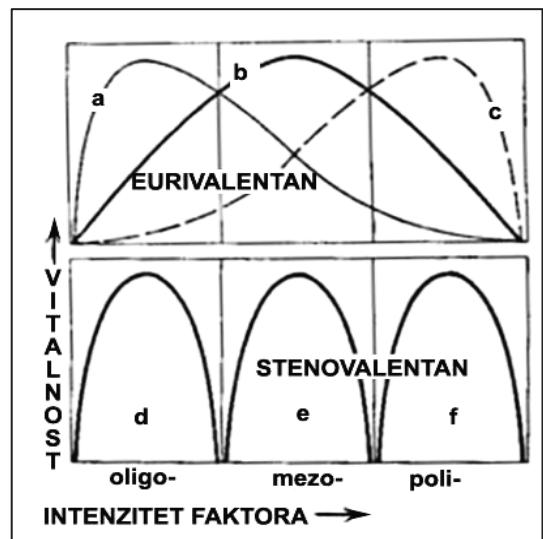
Kod nekih vrsta optimum za ekološke faktoare je bliži maksimumu (**politip**), u drugom slučaju je bliži minimumu (**oligotip**), a nekada u sredini raspona ekološke valence (**mezotip**) (sl. 38). Ako je optimum temperature za neki stenotermni organizam bliži minimumu, onda kažemo da je on oligostenoterman (kao npr. jaja američke pastrmke *Salvelinus fontinalis*, koja se razvijaju na temperaturi od 0 do 12°C , ali im je optimum na 4°C), ako mu je optimum u sredini – mezostenoterman je, a ako je bliži maksimumu – on je polistenoterman.

Minimalne i maksimalne vrednosti ekološke valence jedne vrste za određeni ekološki faktor nisu krute i nepromenljive, već zavise od drugih uslova u kojima taj faktor deluje.

Treba naglasiti da **ekološka valanca jedne vrste nije ista za sve ekološke faktore**. Tako adultni komarac malaričar dobro podnosi visoke temperature, ali i niske (od $+30$ do -30°C), međutim, osetljiv je na promene vlažnosti vazduha. Stoga se danju retko viđa (neaktiviran je zbog preniske vlažnosti i previše svetlosti).

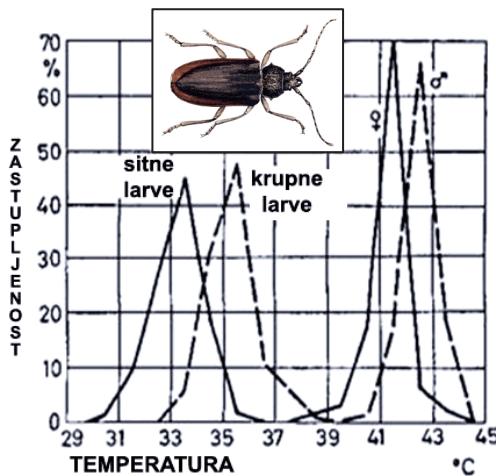
Ekološki faktori ne deluju svaki za sebe, već kompleksno, **sinergistički**. Naučnici uglavnom prate njihovu rezultantu. Efekat dejstva jednog faktora je relativan, zavisan od drugih. Ekološki faktor menja intenzitet, a organizam menja svoju osetljivost, tj. širinu ekološke valence. Često jedan faktor i njegova vrednost uslovljava toleranciju organizma na kvantitet nekog drugog faktora. Na primer, od koncentracije soli u vodi zavisi otpornost organizma na jačinu osvetljenja, ili, vlažnost sredine direktno zavisi od temperature. Gornja temperaturna granica za buvu (prenosnika kuge!) je zavisna od stepena vlažnosti – ukoliko je relativna vlažnost vazduha nula, letalna temperatura je 22°C , za relativnu vlažnost 60% je letalno 32°C , a za relativnu vlažnost 80% smrtonosno je 36°C , tj. temperatura ljudskog tela.

Ekološka valanca za jedan faktor varira ne samo od vrste do vrste, nego se menja i u zavisnosti od stupnja razvića iste vrste. Najuža je na ranim stupnjevima razvića (tj. **najmlađe jedinke su najosetljivije**).



Sl. 38. – Različiti tipovi ekološke valence
(modifikовано: Schwerdtfeger, 1977)

Ekološka valenca za isti faktor može se menjati tokom života, pogotovo ukoliko je razviće složeno. Čak i među jedinkama iste starosti može postojati razlika kod različitih polova. Na primer, potrebe larvi i adulata strižibube *Ergates faber* se bitno razlikuju u pogledu temperature sredine (sl. 39).



Sl. 39. – Temperaturne potrebe larvi i adulata bube *Ergates faber*
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1977)

ju pozitivno ili negativno na fiziološke procese i ponašanje životinja.

Dejstvo može biti neposredno i posredno (uticajem na drugi ekološki faktor koji ima neposredni uticaj). Letalno dejstvo maksimuma i minimuma jednog ekološkog faktora zavisi od njegovog trajanja. Na primer, jaja i larve voćne muve *Ceratitis capitata* uginu na temperaturi od 1°C posle dve nedelje, na 4°C posle tri, a na 7°C tek posle sedam nedelja. Ovo je primer koliko je potrebno pažljivo određivati granicu ekološke valence.

Životna sredina je kompleks faktora na koji organizam reaguje kao na celinu.

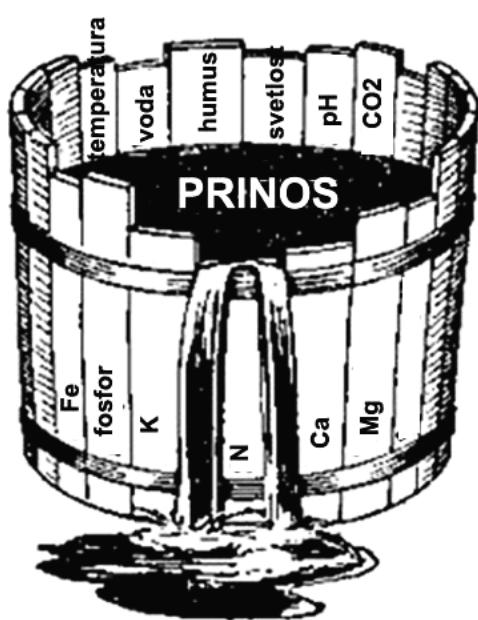
Ekološki faktori su međusobno manje ili više uslovljeni i ni jedan ne deluje nezavisno od ostalih. Zato se, npr., klimatski ekološki faktori – temperatura, vlažnost i kretanja vazduha, vezuju u kompleks zvani isparavajuća snaga vazduha.

Mnogi faktori variraju uporedo, kako u horizontalnom, tako i u vertikalnom pravcu. Kao primer može poslužiti vertikalna stratifikacija vodene mase u jezeru, gde se sa dubinom menjaju temperatura, svetlost, koncentracija rastvorenih gasova, jonski sastav, pritisak i drugi faktori. Stratifikaciju vodene mase u više vertikalnih zona po kombinacijama faktora prati živi svet, specifično grupisan u spratove. Pored toga, jedna ista vrednost nekog ekološkog faktora može imati različito ekološko dejstvo, zavisno od kombinacije sa ostalim faktorima.

4.2.4. Interakcije ekoloških faktora i Pravilo minimuma (Libigovo pravilo)

Libig (Justus von Liebig, 1803–1873), osnivač organske elementarne analize i jedan od osnivača agrikultурne hemije, „otac proizvodnje veštačkih đubriva“, je proučavao metabolizam biljaka i životinja. On je, bazirajući se na principu poznatom u agronomiji još od 1828. godine (kojeg je otkrio Carl Philipp Sprengel,

Sl. 40. – Ilustracija Libigovog pravila
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1977)



1787–1859), 1940. godine definisao **zakon minimuma** (kasnije nazvan **Libigovo pravilo minimuma**), koji glasi: **Život jednog organizma zavisi od okolnih faktora, a određuje ga faktor koji se u životnoj sredini nalazi u minimumu.**

Ako život jedne biljke zavisi od više elemenata sredine, ona ne uspeva na tlu gde je jedan elemenat ispod njoj potrebnog minimuma, iako svih ostalih ima u izobilju (sl. 40).

Međutim, osim ograničavajućeg dejstva minimuma postoji i ograničavajuće dejstvo maksimuma.

Drugim rečima, kada dejstvuje veći broj faktora, najbitniji za opstanak organizma je onaj koji je u pesimumu, tj. ima limitirajuću vrednost. Ako taj faktor pređe granicu tolerancije i ode preko minimuma ili maksimuma, tj. izade van granica ekološke valence za taj faktor, organizam će uginuti, bez obzira na to što su svi ostali faktori u najidealnijem odnosu.*

Međutim, ne sme se zaboraviti uzajamno dejstvo ekoloških faktora. Na primer, dokazano je da nekim biljkama treba manje cinka kada rastu u senci nego kada su na svetlu. Tako će određena količina cinka u tlu biti manje ograničavajući faktor za biljke koje su u senci nego one na svetlosti, ukoliko su svi ostali parametri sredine isti. Slično je i fosfor manje ograničavajući faktor za rast morskih algi u toploj, nego u hladnoj vodi. Ovo je tzv. **kompenzirajući efekat**.

Ponekad organizmi neku materiju koja nedostaje mogu zameniti drugom, hemijski srodnom. Tako npr. neki mekušci kalcijum zamenjuju stroncijumom.

4.2.5. Šelfordov zakon podnošenja (tolerancije) i Tinemanovo pravilo

Pošto zastupljenost i postojanje jednog organizma zavisi od kompleksa faktora, njegovo odsustvo može biti diktirano kvantitativnim ili kvalitativnim suviškom ili nedostatkom nekog faktora, koji se može približiti granici podnošenja za taj organizam. Koncept ograničavajućeg dejstva za maksimum i minimum Šelford (Victor Ernest Shelford, 1877–1968) je uneo u svoj **zakon podnošenja**, koji je u ekologiji, zapravo, poznat kao **pojam ekološke valence**.

Limnolog (proučavao je slatke vode) Tineman (August Friedrich Thienemann, 1882–1960) je pokušao da proširi pravilo minimuma. Po njemu brojnost jedne vrste na određenom mestu je determinisana faktorom koji se najviše po količini ili intenzitetu udaljava od optimuma za stupanj razvića sa najmanjom ekološkom valencom (najosetljiviji). Drugačije rečeno, **čvrstinu lanca određuje najslabija karika**.

Tinemanovo pravilo je potpunije od Libigovog, jer osim minimuma u obzir uzima i maksimum i ekološku valencu. Ali, ni ovo pravilo nije potpuno, jer ne obuhvata međusobne interakcije faktora, ni trajanje njihovog dejstva.

Preradom Tinemanovog i Libigovog pravila nastao je **zakon minimuma, optimuma i maksimuma**. On tretira rane stadijume razvića (jaja i podmladak), ali i rasprostranjenje i gustinu populacija organizama.

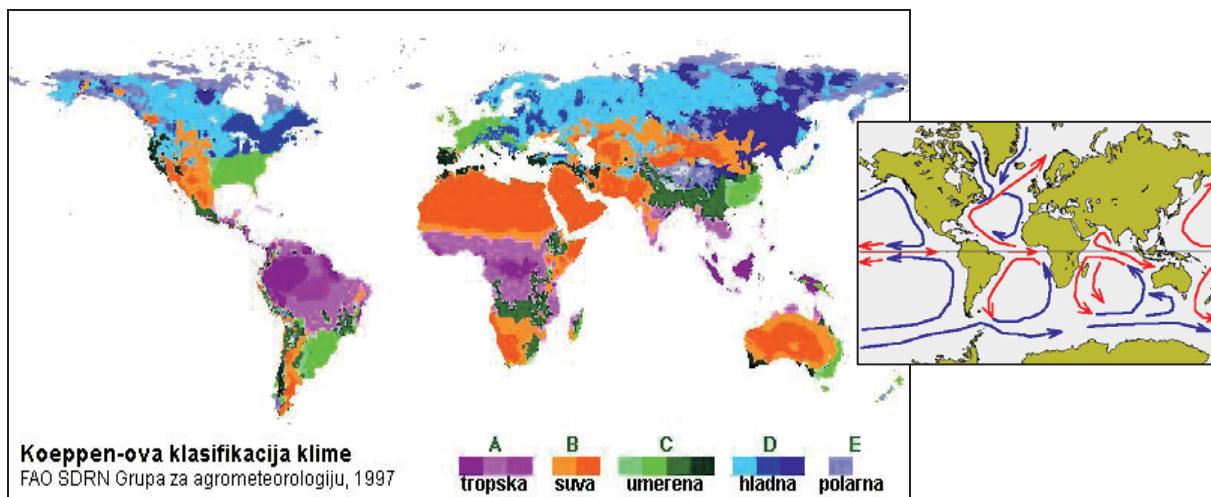
Činjenica da u pustinjama ne živi čitav niz biljaka i životinja se komentariše nedostatkom vode. Smanjena naseljenost u Mrtvom moru se objašnjava prevelikim salinitetom. Međutim, nikada nije samo jedan ekološki faktor značajan. Zato pri introdukciji novih vrsta, treba voditi računa o faktoru koji najviše odstupa od optimuma i deluje na razvojni stupanj sa najužom valencom. Ilustrativan je primer jedne vrste fazana, donet u Severnu Ameriku. Vrsta se dobro raširila, ali ne može da se održi na jugu SAD, gde je spoljašnja temperatura visoka, pa ne dolazi do izleganja iz snesenih jaja.

* Na primer, kišne gliste žive u zemljištu, hraneći se bakterijama i gljivama u detritusu. Nedostatak vlage u gornjim slojevima ih tera da idu dublje, pri čemu se populacije desetkuju, jer prelaze u nove uslove; njihovim odlaskom oslobađa se mnogo životnog prostora, hrane ima u izobilju, odsutni su i predatori. Međutim, odsustvo vlage deluje inhibitorno i sprečava razviće jedne ili više vrsta glista. Tako isto pH vrednost supstrata, procenat soli u njemu ili bilo koji drugi faktor može biti limitirajući.

4.2.6. Osnovni abiotički ekološki faktori

4.2.6.1. Klimatski faktori

Pojam klime za ekoluge obuhvata kompleks faktora čijem dejstvu podleže svako živo biće. Inače, **klima** je prosečno stanje vremena u nekoj oblasti i izvodi se iz srednjih meteoroloških vrednosti za duži vremenski period (bar pet godina). Prate se* temperatura vazduha, vode i zemljišta, svetlost (oblačnost, dužina i jačina insolacije), vlažnost vazduha, vodeni talozi, vazdušni pokreti, atmosferski pritisak i dr. Svi ovi parametri variraju prostorno (sl. 41) i vremenski (sl. 42). Njihovo trenutno stanje zbirno predstavlja vreme u datom mestu. Od klimatskih prilika zavisi raspored živih bića na Zemlji.



Sl. 41. – Osnovne klime i dominantne morske struje na Zemlji danas
(modifikovano http://www.grossmont.edu/judd.curran/images/climate_map.gif i <http://www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC102Notes/102HowEarthWorks.HTM>)

Živi svet reaguje na dejstvo klimatskih faktora, ali ih i menja u izvesnoj meri. Npr. šume imaju specifičnu mikroklimu, drugačiju od okoline.

Klima je pratila promene planete Zemlje, od postanka, tj. i sama se bitno menjala, a time i diktirala opstanak i razvoj živoga sveta (sl. 42).

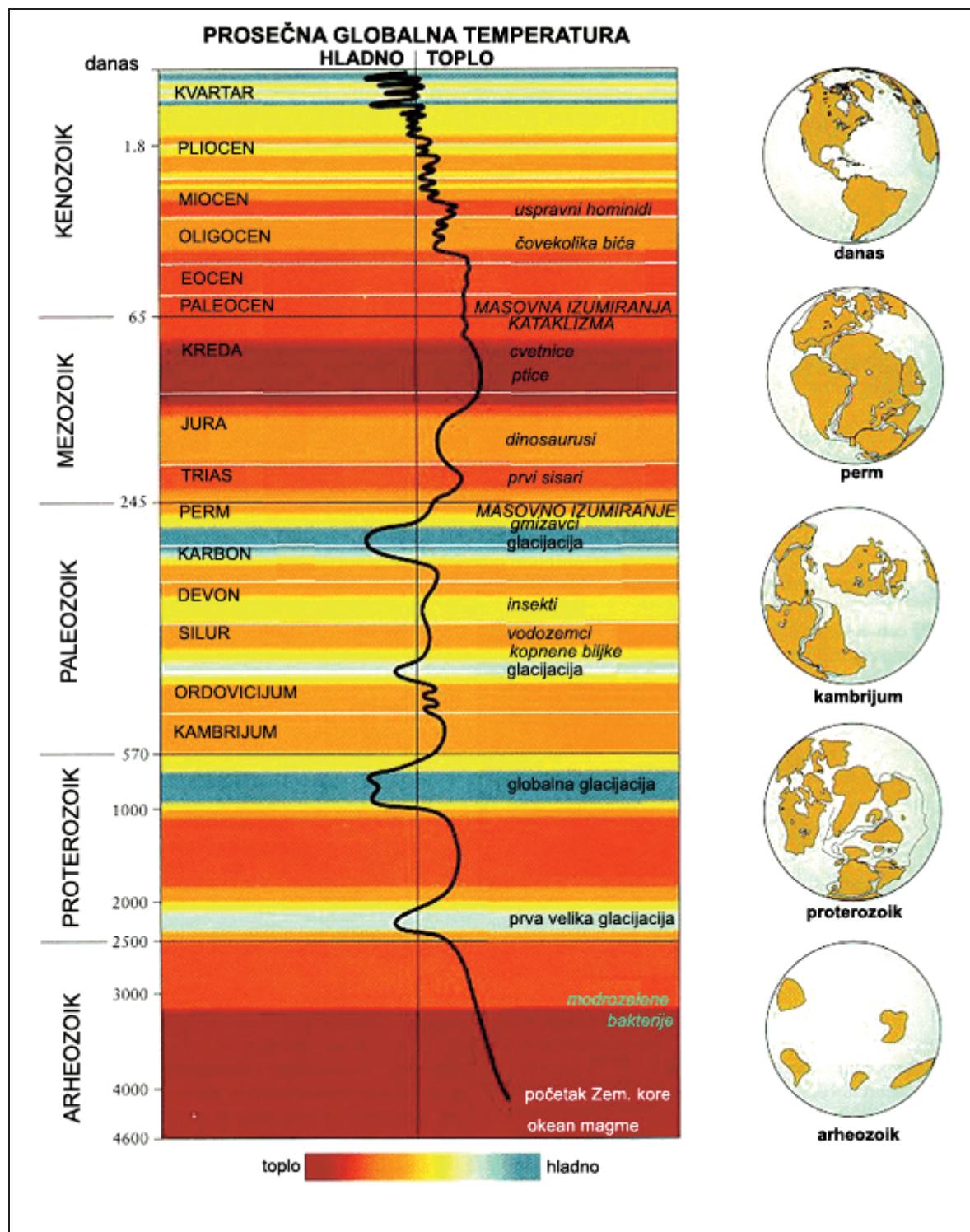
Svetlost, temperatura i vlažnost sredine su tri osnovna abiotička klimatska faktora. Njihova međusobna povezanost, kao i uticaj na organizme, su očigledni. Za ekoluge je posebno bitna lokalna kombinacija klimatskih faktora, koja je rezultanta dejstva klime i orografskih (reljef, edafskih (tip tla), biotičkih i dr. uslova.

Svetlost kao ekološki faktor

Sunčev zračenje je jedini izvor svetlosti na Zemlji. Kada bismo ugasili Sunce, brzo bi nestao živi svet sa Zemlje, jer 99,9% opšteg fonda energije naše planete predstavlja Sunčeva radijacija. Od energije koja potekne sa Sunca, 34% se odmah reflektuje (odbija od atmosfere), tj. vraća u kosmičko prostranstvo, približno 19% se gubi pri prolasku kroz atmosferu, dok 47% dopire do površine Zemlje (sl. 43). Voda, vlažno zemljište i gusta vegetacija imaju najveće apsorpcione moći, tj. najmanje Sunčevih zraka reflektuju natrag. Konkretno, suvi pesko-

* Merenja se obavljaju instrumentima smeštenim u meteorološkim kućicama, na dva metra od tla. No, klima je pojava koja egzistira oduvek, tj. mnogo pre ljudske vrste, a pogotovo pre ovakvih merenja koja su organizovali i osmislili ljudi. Stoga su nepotpune definicije klime kao skupa vrednosti vremenskih parametara merenih na dva metra od tla. Uostalom, postoji mikroklima i u tih dva metra, i na tlu, u tlu, u vodama i td.

vi apsorbuju 65%, aridni predeli 70%, suvi pašnjaci 78%, eukaliptusove šume 85%, tropske kišne šume 95%, okeani 96%, a snežni predeli samo 5–30%.

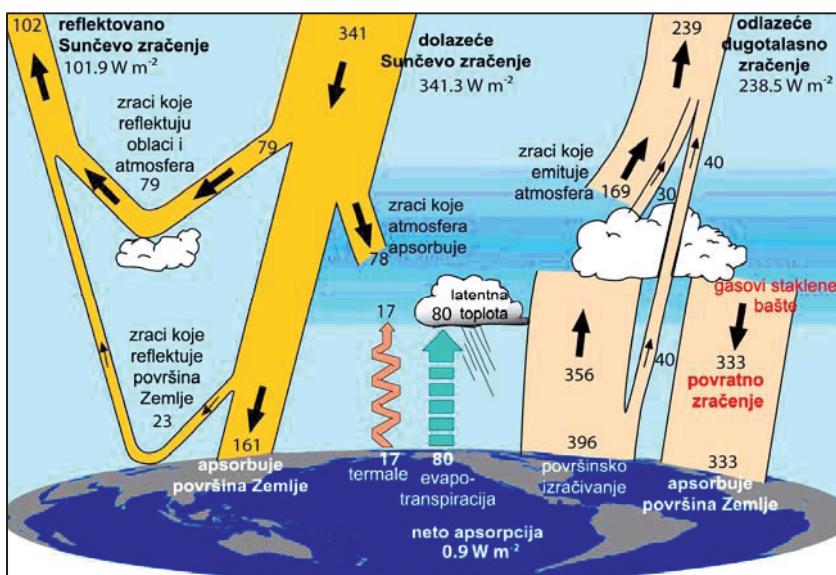


Sl. 42. – Promene klime, živog sveta i odnosa kopna i mora na Zemlji od njenog postanka
(modifikovano: <http://www.ruf.rice.edu/~leeman/GeoColumn.gif>)

Direktna Sunčeva radijacija predstavlja elektromagnetne zrake talasne dužine 0,1 μm do 30 m. Uopšte, do Zemljine biosfere dospevaju Sunčevi zraci talasnih dužina 0,2–5 μm. Ostali se zadrže u filteru atmosphere. Do površine Zemlje dopire svega 43% energije solarne konstante (energije koja sa Sunca u jednom minuti dospe sa zracima koji padaju pod pravim

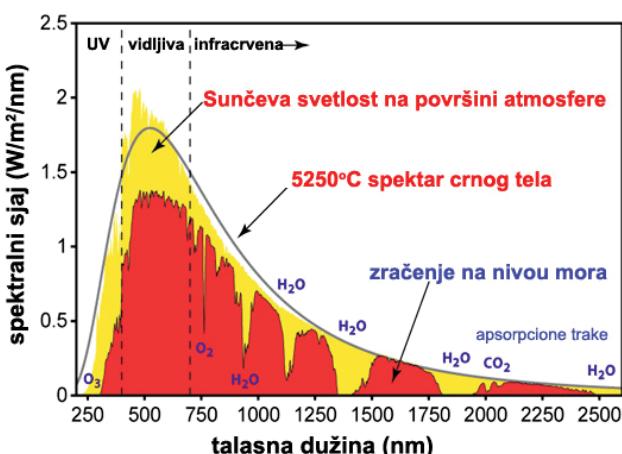
uglom na 1 cm^2 crne površine na gornjoj granici atmosfere, pri srednjem rastojanju Zemlje od Sunca), i to 27% kao direktna, a 16% kao difuzna svetlost.

Sunčev zračenje je skup zraka različitih talasnih dužina, od kojih svaka ima svoju energiju (sl. 44). Svetlost fizički poseduje dvojaku prirodu - korpuskularnu i talasnu. Bela, vidljiva svetlost je samo deo šireg spektra talasa. Ona obuhvata talase od 0,4 do 0,75 μm (tab. 5). Zraci se smenjuju po boji - ljubičasti, plavi, zeleni, žuti, narandžasti, crveni (sl. 45). Pomešani svi zajedno daju belu svetlost. Oni zajedno čine 16 do 45% ukupnog spektra Sunčevih zraka koji dospevaju na površinu Zemlje. Ultravioletnom (UV) delu pripada od jedan do 15%, a najviše, 49 do 84% radijacije dospele na površinu Zemlje su infracrveni (IC) zraci. Zavisno od talasne dužine UV deo spektra je podeljen na tri oblasti – A (400–315 nm), B (315–280 nm) i C (280–0,3 nm).



Sl. 43. – Sunčeva energija i Zemlja
(modifikovano)

http://climateknowledge.org/figures/WuGblog_figures/RBRWuG0086_Trenberth_Radiative_Balance_BAMS_2008.GIF



Sl. 44. – Spektar Sunčevog zračenja (modifikovano:
http://www.globalwarmingart.com/wiki/File:Solar_Spectrum.png)

se fotografска ploča ne menja ni nakon dva sata.

Uticaji vidljive svetlosti, IC i UV zraka se bitno razlikuju po delovanju na biološke sisteme. Od UV zraka do površine Zemlje dopiru samo dugi (290–380 nm), dok kratke talase,

Sastav atmosfere i položaj Zemlje prema Suncu diktiraju proporcije u rasporedu talasa, pošto količina odbijenih zraka raste sa porastom visine sunca i zamućenosti atmosfere.

Voda predstavlja veliku prepreku prodiranju svetlosti u dubinu. Do 70 m dubine intenzitet svetlosti prispele do vodene površine se smanji za 70%, a do 250 m dopre svega 1%. Najpre se apsorbuju crveni zraci (na samo 4 m dubine ostaje ih svega 1%), pa narandžasti (na 17 m dubine preostaje

samo 1% ove boje zraka). Zato su organizmi koji žive u plićim vodama uglavnom crveni, tj. nevidljivi ostalima. Na 70 m dubine od žute svetlosti ostaje samo 6%, od ljubičaste 33%, a zelene 47%. Razlika u prodiranju svetlosnih talasa je uslovila stratifikaciju vodenih organizama. Zelene alge (Chlorophyta) žive do 5 m dubine, mrke (Pheophyta) od 5 do 20 m, a crvene (Rhodophyta) od 20 do 30 m. Planktonskih algi nema na dubinama preko 100 m. Bentosne (vezane za dno) biljke žive do 160 m dubine. Ribe vide do dubine 500 m, a za čoveka potpuna je tama na preko 550 m dubine. Na 800 m dubine rakovi prestaju da reaguju na dan i noć. Na 1700 m dubine

smrtonosne za živa bića, zadržava tanki, nevidljivi, ozonski sloj u atmosferi* na 10–50 km visine (sl. 46). Ako bi svi zraci iz B i C oblasti UV dela spektra doprli do Zemlje, oni bi, verovatno, izazvali katastrofalne posledice u čitavoj biosferi.

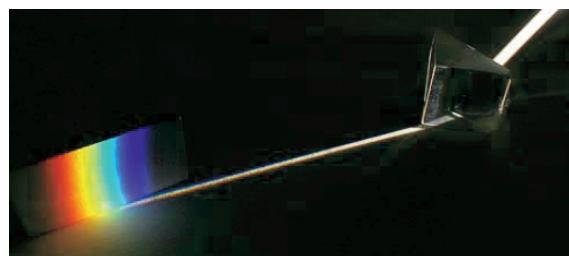
Dugotalasni UV zraci sadrže veliku energiju i hemijsku aktivnost. NJihove visoke doze su štetne za organizme (mogu izazvati pojavu dimera timina u lancima DNK, pa ona funkcioniše kao pokvareni rajsferšlus, tj. javljaju se mutacije), ali niske doze su neophodne mnogim vrstama (npr. omogućavaju sintezu antirahitičnog vitamina D). Kod čoveka i nekih životinja UV zraci izazivaju sunčanicu, imaju letalno dejstvo na gljive, bakterije i virusе.

Geografski položaj određuje dužinu dana i noći, a time i uticaj svetlosti na živa bića.

Svetlosni režim u staništu zavisi i od nadmorske visine (do 1800m nadmorske visine dospeva 75% solarne konstante i to sa znatno više UV zraka, a do nivoa mora 50%), eksponicije i nagiba terena (najosvetljenija su ravna, jugu eksponirana staništa), oblačnosti, biljnog pokrivača (bukove, smrčeve i jelove šume su tamne šume, jer je u njima prisutna skoro samo difuzna svetlost; u listopadnim

Tabela 5. – Približne talasne dužine različitih zraka

Zraci	Talasna dužina
Radio talasi različitog karaktera	15 km - 1 mm
Toplotni zraci, Infracrveni (IC)	400-0,75 μm
Vidljiva (bela) svetlost	0,75-0,40 μm
Crvena	0,75-0,65 μm
Narandžasta	0,65-0,59 μm
Žuta	0,59-0,56 μm
Zelena	0,65-0,49 μm
Plava	0,49-0,43 μm
Ljubičasta	0,43-0,40 μm
Ultraljubičasta (UV)	0,40-0,0003 μm
Rendgenski (X) i gama (γ) zraci	30-0,0005 nm



Sl. 45. – Bela vidljiva svetlost razložena kroz prizmu (https://www.e-education.psu.edu/astro801/files/astro801/image/spectrum_8657.jpg)

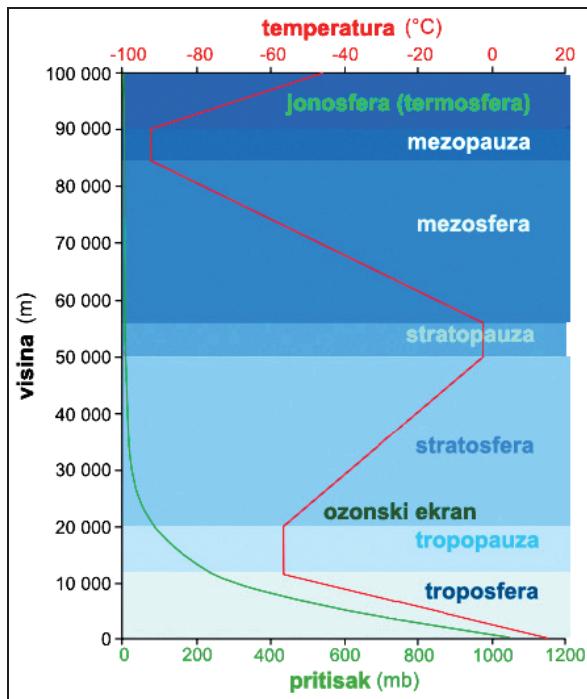
* Atmosfera (sl. 46) je tanki vazdušni omotač Zemlje (debeo "samo" 80 – 400 km, dok je prečnik planete 6.378 km). Njegov najniži sloj (do 10–15 km) je troposfera. Iznad, do 50 km u vis, je stratosfera, koja uključuje ozonski ekran. U stratosferi CO₂ (zastupljen sa svega 0,003%) uspeva da apsorbuje toplotne zrake. Inače, ozon predstavlja alotropsku modifikaciju kiseonika. Njegov molekul izgrađuju tri atoma kiseonika (O₃). Stratosferski ozon se formira fotodisocijacijom molekularnog kiseonika (O₂), koji se apsorbovanjem zraka kraćih od 242 nm (C oblast) cepa u atome i rekombinacijom sa molekulima kiseonika gradi ozon. Ozon apsorbuje Sunčeve zrake talasne dužine 250 do 315 nm. Ozonski ekran zadržava oko 95% štetnih Sunčevih zraka da ne stignu do površine Zemlje.

Na smanjenje količine ozona u stratosferi prvi su 1974. godine ukazali američki naučnici Roland i Molina. Uzrok razaranja ozonskog omotača je prvenstveno u akumulaciji hlorofluorouglogjenika (popularno CFC), poznatih pod nazivom freoni, koji se oslobađaju u atmosferu usled mnogih ljudskih aktivnosti. Freoni su halogeni derivati metana, u čijem molekulu su jedan ili više atoma vodonika zamenili atomi hlora i fluora. Najpoznatiji su monofluoro-trihloro-metan ili freon-11 (FCCl₃) i dihloro-difluoro-metan ili freon-12 (CCl₂F₂). Proizvodnja freona je jeftina, pa se oni široko koriste (u proizvodnji bele tehnike, naročito frižidera, u hemijskoj i farmaceutskoj industriji, kao potiskivači u vaporizatorima aerosola, u proizvodnji klima-uređaja). Freoni vrlo dugo ostaju u atmosferi (freon-11 oko 75, a freon-12 čak 110 godina). U SAD se CFC ne proizvode od 1988. Godine.

Smanjenje ozonskog omotača utiče na prolazak UV zraka kroz atmosferu i povećava nivo UV-B, a potom i C zraka na površini Zemlje. Dominantan medicinski efekat koji se može očekivati je porast oboljevanja od raka kože.

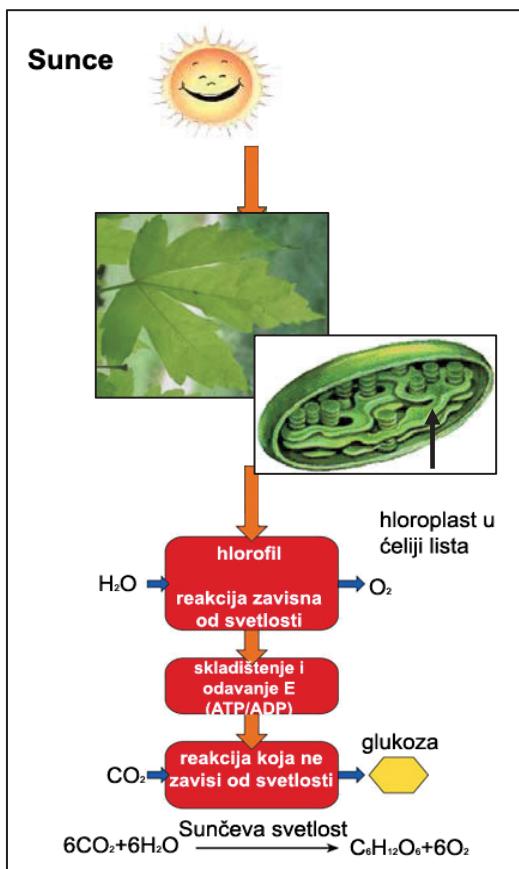
Iznad stratosfere su mezosfera (između 50 i 80 km) i termosfera (80–400 km od površine Zemlje) u kojoj temperatura konstantno raste sve do 1.650°C. Termosfera se drugačije zove i jonosfera jer γ- i X-zrake, potekle sa Sunca, apsorbuju atomi i molekuli azota i kiseonika, i otpuštajući elektrone obrazuju pozitivne jone od kojih se reflektuju radio-talasi emitovani sa predajnika na površini Zemlje. Egzosfera je sloj na visini od 400 do 700 km od površine tla. To je skoro potpuni vakuum, početak kosmosa.

šumama intenzitet svetlosti se menja tokom godine, tj. najveći je pre listanja i posle opadanja lišća; u maju pre listanja osvetljenost je 1/17, a u julu 1/64 deo pune dnevne svetlosti, tj. svetlosti na otvorenom mestu izvan šume).



Sl. 46. – Atmosfera Zemlje

(modifikovano <http://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%A1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0:Atmosfera1.png>)



Sl. 47. – Fotosinteza

(modifikovano Miller, 2007)

Neke životinje vide sužen spektar, ili pomenen u ultravioletnu (talasne dužine ispod 0,4 μm), ili infracrvenu (preko 0,75 μm) stranu.

Ne postoji organizam indiferentan prema svetlosti. Moguća je samo manja ili veća zavisnost od nje. Njen značaj za fotosintetske autotrofe je nezamenljiv. Ona utiče direktno, ili preko drugih ekoloških faktora, na sve funkcije heterotrofnih organizama (ponašanje, fiziologiju, morfologiju, procese razmnožavanja, razvića i sl.).

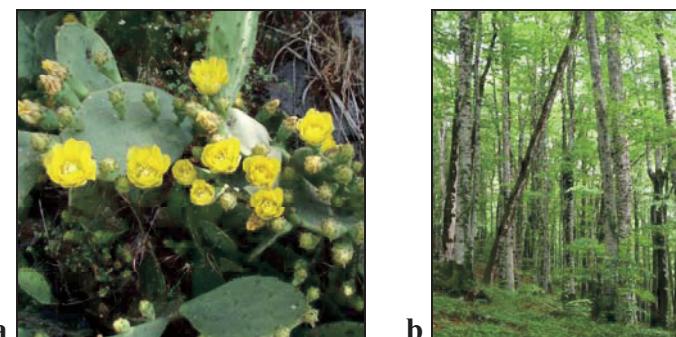
Svetlost i biljke

Tokom dana i biljke su izložene direktnoj ili indirektnoj svetlosti, a noću emituju toplotu. Pri dnevnoj radijaciji na / u listovima teku tri procesa. Deo Sunčeve svetlosti se reflektuje (to je albedo: za spektar 260–760 nm on iznosi 8–20% od prispelih zraka, a kod jako dlakavih listova biljaka iz sušnih predela i do 60%; za deo spektra preko 760 nm albedo dostiže 44%, a za kratkotalasni 10%). Drugi deo svetlosti prodire u list (i povišava mu temperaturu), a treći prolazi do naličja lista (listovi potpuno propuštaju talase dužine 800 nm, što znači da je senka u šumi infracrvena).

Sunčeva svetlost je uslov opstanka života na Zemlji, jer omogućuje fotosintezu (sl. 47). U tom procesu se transformiše energija Sunčeve svetlosti i akumulira u organskim jedinjenjima, a kao sporedni proizvod oslobađa kiseonik (neophodan za disanje svih aerobnih bića, a takva je većina).

Osim ovoga, intenzitetom i kvalitetom, svetlost utiče na nastanak posebnih morfoloških adaptacija biljaka.

Biljke prilagođene uslovima pune dnevne svetlosti (žive na otvorenim, osunčanim staništima, poput peščanih pustinja, stepa, livada, visokoplaninskih predela) su **heliofite**, a biljke senke (šumske) – **skiofite** (sl. 48). Poluskiofite bolje napreduju pri punoj svetlosti, ali podnose i zasenčenja. Breza, bor i ariš su heliohitna drveta; bukva, jela, smrča, šimšir i tisa skiofitna – dovoljno im je 1/50–1/110 deo pune dnevne svetlosti; mahovinama i algama u pećinama je dovoljno svega 1/2000–1/2500 deo. Svetlosni maksimum skiofita ne određuje jačina svetlosti, već vodni režim staništa, pošto jaka insolacija zahteva visoku transpiraciju. Heliofite na slaboj svetlosti ne mogu da proizvedu dovoljno organske materije da pokriju potrošnju istih pri disanju.



Sl. 48. – Heliofite (a) i skiofite (b) (sa terenske nastave – Budva i Biogradska Gora, 2007)

Na korišćenje svetlosti utiču drugi ekološki faktori. Tako se nizak svetlosni minimum (1/120) biljaka prizemnog sprata u tropskim prašumama kompenzuje optimalnom temperaturom i visokom koncentracijom CO₂.

Heliofite u uslovima nedovoljne osvetljenosti **etioliraju** (požute zbog nedostatka hlorofila i izdužuju se).

Oblik i anatomija listova heliofita i skiofita se bitno razlikuju. Skiofitni listovi su tanji, sa tanjom zaštitnom kutikulom, stanjenim palisadnim (asimilacionim) tkivom.

Biljke reaguju na dužinu trajanja dana i noći (**fotoperiodizam**). U predelima ekvatora dan i noć traju po 12 sati. Udaljavanjem od ekvatora odnos se menja zavisno od godišnjeg doba i hemisfere. U umerenom pojusu, crni luk cveta leti (sl. 49a), u uslovima dugog dana, a hrizantema u jesen (ona je tzv. biljka kratkoga dana, jer joj je fotoperiod u reproduktivnoj fazi kraći od 10 sati) (sl. 49b). Biljke dugog dana žive na većim geografskim širinama.



Sl. 49. – Biljka dugog dana (a), biljka kratkog dana (b) i indiferentna biljka (c)
 (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Onion_Flower_Head.jpg, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hrizantema1.jpg
 i c – foto S. Pešić)

U staklarama ili plastenicima se veštačkim dopunskim osvetljavanjem pospešuje razviće gajenih biljaka i postiže više berbi. Indiferentne biljke cvetaju čitave godine (sl. 49c).

Svetlost i životinje

Svetlost je ekološki faktor koji je i kod životinja izazvao i razvio različite „odgovore“. Svetlosni zraci rasejani i odbiveni od okolnih predmeta, primljeni organizma čula vida, životinjama daju znatan deo informacija o spoljašnjem svetu. Vidna percepcija okoline zavisi od stepena evolucionog razvoja date vrste, pogotovo njenog nervnog sistema. Tako protozoama svetlosne „organe“ predstavljaju fotoosetljivi delovi površine citoplazme, mnogi beskičmenjaci poseduju ocele za razlikovanje svetlosti od tame, a formiranje lika omogućavaju složeno građene oči. Najsavršenije su oči glavonožaca, zglavkaza i kičmenjaka.

Organizmi životinja su evolucijom stvorili brojne mehanizme za zaštitu od nepovoljnih dejstava svetlosti ili mraka.

Boja tela je jedna od posledica delovanja svetlosti na životinje. Može biti:

1. strukturna (boja krvi, hemolinfе, hitina, kože, krvna);
2. obojenost uslovljena metabolizmom i vrstom hrane (neki organizmi svetle u mraku zahvaljujući posebnim organima);
3. obojenost kontrolisana sistemom koji se menja (širenjem i skupljanjem hromatofora); i
4. boja koja pokazuje raspoloženje (kresta petla je jače ili slabije crvena).

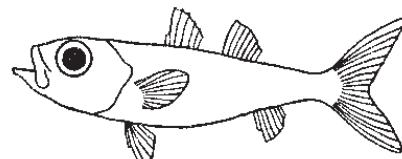
Ima životinja koje su se evolucijom adaptirale na okeanske dubine (poput ribe *Pomatomus telescopium*, koja ima izrazito krupne oči, sl. 50), život u zemljištu, u pećinama, i sl., tj. prilagodile se na mrak. Ako bismo ih izneli na svetlost, ona bi ih ubila. Životinje pećina imaju sasvim ili delimično redukovane organe za vid, ali zato jače razvijene senzitivne organe (naročito taktilne). Osim toga imaju nežniju kutikulu i druge telesne omotače, u kojima nema pigmenta, tolerantne su na nedostatak hrane (jer je u pećinama hroničan deficit hranljivog materijala), dok su osetljive na nagle i velike promene temperature (u pećinama je uglavnom 8–12°C, pa zimi izgledaju tople, a leti hladne za onoga ko dolazi spolja) i gubljenje vlage. Jednom rečju pećinska bića su stenobionti.



Sl. 51. – Čovečja ribica
(<http://www2.pms-lj.si/najpred/proteus.html>)

ali slabije od životinja svetlosti. Npr. u gornjim slojevima opalog lišća žive organizmi koji su pigmentisani (ali ne jako) i **fotofobni** (beže od svetlosti), što se koristi za njihovo izdvajanje iz zemljišta Tulgren-Berlezovim levkom.

Kišne gliste, koje žive do 50 cm dubine u tlu, uglavnom imaju dva pigmenta – zelenkasti i crvenkasti, dok su vrste koje žive znatno dublje, blede.



Sl. 50. – Dubinska riba
Pomatomus telescopium
(prema Schwerdtfeger, 1977)

Ako bi se pećinske životinje vrlo postepeno navikavale na svetlost, one bi polako izgradile pigmentaciju (obojenost), kojom bi se štitile od preteranog zračenja. Tako će čovečja ribica (sl. 51), koja je inače bela ili bledo ružičasta (od kapilara), držana u akvarijumu u podrumu (gde prodire indirektna slaba svetlost) dobiti slabu boju meda, zbog sinteze pigmenta melanina. Pošto bi svetlost potencijalno mogla uticati na genetičke promene (izazvati štetne mutacije), organizam čovečje ribice se ovako pigmentom štiti.

Mnoge životinje se kriju od preteranog svetlosnog zračenja. **Troglofili** organizmi (gr. trogle – pećina) žive u pećinama i jamama (duboko u zemlji ili podzemnoj vodi). **Troglotseni** (gr. ksenos – stran, tuđ) žive u polumraku (poput skiofita – biljaka senki) – dobro su pigmentisani,

U našim uslovima (umereni klimatski pojas) ribe, životinje koje žive pod korom drveća, u pećinama, ukopane u zemljištu, tj., životinje tame, polumraka i senke su slabo obojene.

Neke životinje su veoma pigmentisane da bi prikupile što više sunčevih zraka. Zeleni skakavac kratkih krila *Chorthippus parallelus* živi od nizije do 2000 m nadmorske visine. Primeri iznad 1800 m nadmorske visine su tamni (braon, ljubičasti, skoro crni), jer imaju potrebu da upijaju energiju. Naime, pošto su na planini oštре temperaturne razlike između dana i noći, životinji je potrebno nekoliko sati da se dovoljno zagreje da bi započela aktivnosti, pa su skakavci razvili jaču pigmentaciju da bi što pre dostigli tu vrednost.

Nadzemne bube (Coleoptera) su crvene, žute, zelene, crne, šarene itd., dok zemljишne imaju žućastu ili crvenkastu boju hitina.



Sl. 52. – *Gammarus roeseli*
(<http://en.wikipedia.org/wiki/Gammarus>)

Račić *Gammarus* (sl. 52) iz tekućica ima određeni pigment (čak se pod binokularom vide razgranate pigmentne ćelije, slične dendritima nervnih ćelija), dok su dubinske njemu srodne vrste (Amphipoda) blede.

Bogomoljka (*Mantis religiosa*) je zelena ako živi na zelenim biljkama, a oker ako je na senu. Ona može „izabrati“ jednu od ove dve boje, ali samo dok je larva (u junu mesecu). Posle joj jedino preostaje da ode na podlogu koja joj po boji odgovara.

Vodena stenica leđni plivač (*Notonecta glauca*) pliva leđima okrenuta nadole. Njena trbušna strana je pigmentisana braonkasto-žućasto, a leđna beličasto. Ako se akvarijum odozgo pokrije crnom pločom, a osvetljenje premesti ispod akvarijuma, trbušni deo će se obezbojiti, a leđni postati tamniji. Primer sa čovečjom ribicom je već objašnjen.

Spoljašnja pigmentacija tela predstavlja zaštitu mnogim životinjskim vrstama. U vodi ona pomaže skrivanju zbog apsorpcije delova spektra sa porastom dubine. Značaj obojenosti morskih organizama se shvata kada se van vode vide intenzivno crvene ribe arbuni, raki, zvezde, korali i dr. Objasnjenje leži u činjenici da morska voda već na desetak centimetara apsorbuje veliki deo crvenih zraka spektra, pa iako živo obojene, ove životinje su, zapravo, u vodi bezbojne, nevidljive. Inače, plavi deo spektra prodire najdublje.

Gušteri i drugi organizmi, koji žive na svetlosti, su intenzivno obojeni, da bi zaštitili unutrašnje organe od jake insolacije. U zaštiti im osim boje pomaže i debljina kutikule, njena struktura (glatka, naborana, sa dlačicama, ljuskama i sl.), sluz preko kutikule (npr. bubre-mračnjaci *Tenebrionidae* luče sluz na koju se lepe čestice zemlje i štite životinju poput košulje). Neke bube-zlatice *Chrysomelidae* imaju takvu slojevitu strukturu kutikule metalnog sjaja, da odbijaju svetlost. Kada životinja ugine, pigmentacija se gubi, jer se razlažu kapljice ili slojevi masti, granule boje, raspadaju se pigmeneti.

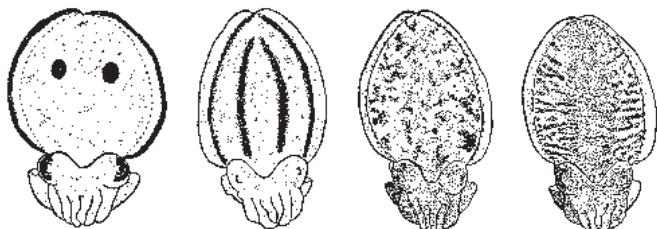
Ribe, neki sisari i ptice su šareni da bi se uspešno krili, jer ih neprijatelj ne vidi kao kontinuirani objekat, pogotovo ako pozadina nije monotone boje. To je, pored pigmenta, još jedan vid zaštitne funkcije obojenosti.

Ali kako objasniti svrhu izuzetno upadljive išaranosti, poput crno-bele ispruganosti tela zebri? Do sada, zapravo, i nema jedinstvenog mišljenja. Postoje bar tri tumačenja. Po jednom, svetle pruge služe da se što bolje odbiju Sunčevi zraci danju i izbegne pregrevanje, a crne da se već nakupljena toplota noću što manje gubi iz tela. Drugo razmišljanje je da pruge zamagljuju sliku, tj. zbunjuju parazitske dvokrilce, koji sišu krv zebrama i drugim krupnim travojedima u afričkim savanama, a po zebre su smrtno opasni. Treća ideja je da drastično prugaste zebre držeći se u krdu, zbunjuju predatore, tj. pojedinačne životinje su u gomili teško prepoznatljive.

Pigmentacija nekih životinja potiče od boje telesnih tečnosti i u vezi je sa disanjem.

Polne ćelije su jako osjetljive na radijaciju (lako mutiraju), pa su polne žlezde naročito dobro zaštićene od zračenja.*

Sužavanjem i širenjem pigmentnih ćelija kameleon, sipa, oktopod mogu nesvesno menjati boju, zavisno od raspoloženja, tj. ponašanja životinje, pri čemu se boja podešava prema okolini i zavisno od intenziteta svetlosti. Međutim, ako je glava životinje u tami, a trup na svetlosti, ona će boju celog tela prilagoditi tamnoj podlozi, jer su joj senzorni organi na glavi. Sipa (*Sepia officinalis*) može promeniti boju za manje od jedne



Sl. 53. – Različite šare na telu sipe
(prema Schwerdtfeger, 1977)

sekunde (sl. 53).

U velikim okeanskim i morskim dubinama organizmi kao izvor svetlosti za orijentaciju koriste svetlost koju emituju druga bića. Fiziološka sposobnost emisije hladne svetlosti (koje ne prati emisija topote) se zove **bioluminiscencija**. Poseduju je meduze i drugi dupljarski dubinski planktonski oblici, prozirnog tela. Za razliku od njih, neki glavonošci svetle u istim dubinama zahvaljujući tome što u svoje telo nakupe bioluminiscente bakterije. Ribe velikih dubina uglavnom imaju osvetljene delove oko usnog otvora, u vidu svetlosnog mamca za plen (sl. 54).

Zbog smanjene mogućnosti primanja svetlosnih zraka u vodi, životinje dubina imaju dve krajnje reakcije. Jedna je da se „odriču“ očiju, redukuju ih, a pojačavaju aktivnost bočne linije i dr. čula. Druga, pak, je da imaju izuzetno krupne oči u odnosu na telo (sl. 50), ili su im oči promjenjene građe (kod rakova).

Različitu morfologiju usled različitog osvetljenja mogu imati čak predstavnici iste familije životinja.

Dan u jezeru je kraći od najkraćeg dana na kopnu – zbog prelamanja zraka svetlost pre podne kasno prodre u vodu, a već nakon 3–4 sata nestaje.

Dejstvo svetlosti na veličinu tela može se ilustrovati ogledom sa Cladocera-račićima vrste vodena buva (*Daphnia pulex*). Partenogenetski

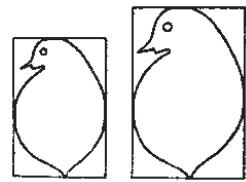
dobivene jedinke (genetički identične) se podele u dva akvarijuma. Jedan se drži na svetlosti, a drugi u mraku. Svi ostali faktori su jednakim u oba slučaja. Nakon izvesnog vremena se može

* Npr. peritoneum (omotač sekundarne telesne duplje) ribe bodorke (*Rutilus rutilus*) je srebrnasto beličast, mrene cimetno-taman, skobalja crn. Pigmentisani peritoneum je zaštitni filter koji sprečava prodror radijacije do gonada. Ribe naše ihtiofaune, koje su skoro prispele iz tropskih predela, imaju crni peritoneum, a one koje već milionima godina žive u našim geografskim širinama imaju retke pigmentne ćelije u peritoneumu. Naše ribe kratkog dana, mutnih voda, gube pigmentaciju peritoneuma.

Dve vrste pustinjskog guštera u Severnoj Africi su se formirale divergencijom od jedne tako što je jedna vrsta aktivna danju na temperaturama 50–60°C (razvila je tamniji peritoneum), a druga se danju zavlači u pesak i aktivira noću (ima svetlij peritoneum).

zapaziti da su one iz mraka skoro dvostruko veće (sl. 55). Promene se mogu konstatovati i u hetotaksiji (rasporedu trnolikih i dlakolikih senzornih organa).

Sl. 55. – Različite dimenzijske vodene buve *Daphnia pulex* gajene na svjetlosti i u mraku (prema Schwerdtfeger, 1977).



Svetlost može da utiče i na anatomiju. Miler (Müller) je 1954. godine konstatovao zanimljivost vezanu za letnjeg cvrčka, *Euscelis plebejus*. Mužjaci ove vrste imaju vrh penisa kopljastog oblika. Cvrčak kraćih krila, koji se kao imago javlja u proleće, a čiji mužjaci nemaju kopljasti edeagus, je smatran drugom vrstom iz istog roda, *E. incisus*. Pošto su u istoj botaničkoj bašti gde i Miler, botaničari već radili eksperimente reagovanja biljaka na dužinu dana i noći, tj. trajanje insolacije, on je u letu uočio prolećnu vrstu. Zaključio je da su ove dve vrste cvrčaka zapravo jedna ista vrsta u dve forme, koje se javljaju zavisno od trajanja insolacije (sl. 56).

U pogledu ekološke valence prema svjetlosti i položaju optimuma u njoj, životinske vrste se mogu svrstati u dve veće kategorije, sa po tri manje grupe u sebi.

1. Afotični (fotofobni, heliofobni) organizmi:

- edafobionti
- troglobionti
- afotični hidrobionti;

2. Fotični (photobionti, heliobionti) organizmi

- eurifotični (euriheliofionti) - mogu biti oligo-, mezo- ili polieurifotični
- mezofotični (mezoheliobionti) - mogu biti oligo-, mezo- ili polimezofotični
- stenofotični (stenoheliobionti) - mogu biti oligo-, mezo- ili polistenofotični.

Dnevno-noćna aktivnost životinja (svjetlost i ponašanje životinja)

Aktivnost mnogih životinja je zavisna od specifičnog odnosa spoljašnjih faktora, tj. *egzogeno je regulisana*.

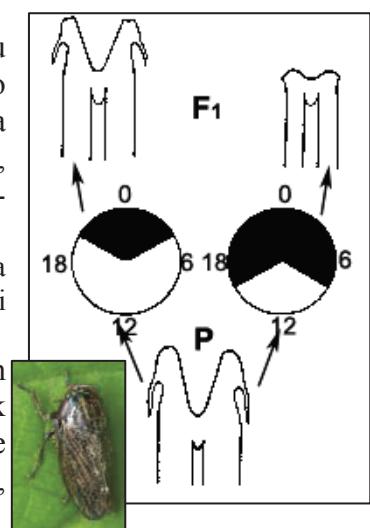
Šumski miš *Apodemus sylvaticus* se hrani noću, jer danju ima mnogo neprijatelja. Na velikim geografskim širinama (preko 62° severne širine) je za vreme polarnih dana noć mnogo kratka (kraća od pet sati!), tj. nedovoljna da bi on stigao da se najede, pa njegove populacije tamo izumiru. Drugim rečima, trajanje noći je limitirajući faktor za rasprostranjenje ove vrste.

Vrabac, pak, je vezan za dan. Međutim, ni njega nema na dalekom severu, iako su svi drugi uslovi odlični, jer je dan u polovini godine kada vlada polarna noć, prekratak da bi on uspeo da se najede.

Svaka vrsta se evolucijom privikava na određeni ritam dana i noći. Ujutru se ne bude sve vrste, i ne u isto vreme. Dok još sunce nije izašlo, mnoge ribe prilaze obali mora da bi se hranile, a po danu se kasnije povuku u veće dubine. Na livadi, međutim, kosci (Opiliones – paukoliki organizmi) u akciju kreću oko 22 sata noću.

Uopšte, sve životinje se dele na **noćne, sumračne i dnevne**, ili na životinje tame, polumraka i izrazite svjetlosti.

Neke životinje imaju ugrađen **biološki sat** u sebi, nezavisan od spoljašnje smene dana i noći. Drugim rečima, njihova aktivnost ima **endogenu regulaciju**. Rečni rakovi *Astacus* sp. su noćne životinje. Danju su aktivni samo ako su bolesni, seksualno uzbudjeni ili uznemireni. Ako akvarijum sa rakkovima bude tri meseca konstantno u mraku, oni će uvek u vreme kada sunce zalazi (iako oni to ne



Sl. 56. – Edeagus *Euscelis incisus* i fotoperiod: P – roditeljska, F₁ – F₁ generacija
(modifikовано:
Schwerdtfeger, 1977)

vide) počinjati šetnju po akvarijumu i hraniti se. Unutrašnji biološki časovnik imaju i kosti, pauci, stonoge.

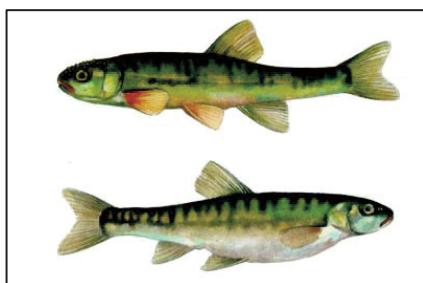
Neke životinje mogu da se adaptiraju na promene režima svetlosti i svoju aktivnost usaglase sa novim režimom, tj. aktiviraju se u doba dana kada to inače ne čine.

Na aktivnost životinja utiču i pojedini delovi spektra bele svetlosti. Rađen je eksperiment sa muzejskom grizlicom *Anthrenus fasciatus* – štetočinom muzejskih zbirki (larva izgriza punjene ptice, insekte, krvno i sl.). Uzgajana je u staklenim posudama različite boje. Svi ostali uslovi su bili jednaki. Najveći mortalitet larvi je ustanovljen u ljubičastim i crvenim, a najmanji u zelenim i plavim posudama.

Uticaj svetlosti na fiziologiju životinja

Osim na morfologiju i ponašanje životinja, svetlost utiče i na fiziološke procese – može ih usporiti, pa čak i zaustaviti i izazvati uginuće životinje. Negativni uticaj svetlosti najčešće se odražava na organizme bez pigmenta. Životinje se od Sunčeve radijacije štite pigmentacijom, telesnim pokrivačima (perjem, dlakom, oklopom i sl.). Tolerancija jednog organizma na intenzitet svetlosti ne zavisi samo od svetlosti, nego i od raznih kompenzirajućih faktora – vlažnosti sredine, količine soli u vodi (za vodene organizme), količine hrane i dr. Kada su svi drugi faktori povoljni, negativno dejstvo svetlosti se ispoljava slabije i kasnije.

Promene boje tela mogu biti uslovljene ishranom (fiziološkim promenama). Npr. novi naraštajni prstenovi školjaka koje su eksperimentalno držane na svetlosti (inače školjke žive u mraku) su pigmentisani ljubičasto.



Sl. 57. – Mužjak i ženka gagice
(<http://www.xn--kapitlis-dza.hu/page.php?110>)

Svetlost je često **regulator sinhronizacije aktivnosti** životinja. Pastrmke žive u potocima čije su temperature i hemizam sredine različiti zavisno od ambijenta, konstitucije terena, nagiba, tipa stena itd. Ovo bi značilo da pastrmke u različito doba godine sazrevaju (formiraju se ovariјumi i testisi, javljaju sekundarne polne odlike mužjaka i ženki) i mreste. Kako je postignuta potrebna sinhronizacija i istovremena stimulacija za mrest? Dužinu dana i noći pastrmke registruju očima i informacija ide u mozak, koji, pak, diktira sekreciju žlezda. Slično riba gagica *Phoxinus phoxinus* (sl. 57) u februaru počinje pripreme za mreštenje koje se zbiva u aprilu. Mužjak dobija limun-naran-

džastu boju i dugine boje po trbuhi. Gonade sazrevaju. Mužjacima se oko očiju javljaju krečnjački zubići. Ako se ribe drže u akvarijumu, mogu se veštačkim režimom svetlosti ovo promene izazvati još u decembru. To je dokaz da je svetlosni režim stimulišući sistem za polno sazrevanje, jer je životinjama dužina dana orijentir.

Za ptice, većinu morskih i drugih životinja je dokazano da se sinhronizacija mnogih procesa (ne samo polnog sazrevanja) vrši pod dejstvom lunarnog periodizma (mesečevih mena).

Osim intenziteta i trajanja svetlosti, stimulacija za početak nekog fiziološkog procesa može biti i **ugao pod kojim svetlost pada**.

Dijapauza u razviću insekata i drugih životinja je upravo tako regulisana. Jaje počinje da se razvija, a onda stagnira, miruje određeni period, posle čega nastavlja razviće. Leptir ujesen snese jaja, koja počinju da se razvijaju, ali bi se već u novemburu razvila, kada bi nastavila istim tempom, i tako bio doveden u pitanje opstanak gusenica (zbog nedostatka hrane i niskih temperatura). Stoga je dijapauza neophodna. Razviće se obustavlja dok su uslovi još uvek optimalni. Veličinu dijapauze određuju dužina dana i intenzitet osvetljenja. Kada se uproleće dan produži (i temperatuру postanu stimulišuće), jaje nastavlja razviće. Međutim, ne prezimljuju obavezno svi u stadijumu jajeta. Skakavci, npr., prezimljuju kao larve koje su još u septembru pristupile dijapauzi, jer se osvetljenje promenilo u pogledu ugla pod kojim zraci pa-

daju i intenziteta (nije bitno što su temperatura i drugi faktori još uvek bili povoljni). Naproleon će larve postati aktivne i nastaviti razviće.

Dijapauza je unapred planirana, programirana, pauza u razviću, razmnožavanju, parenju, ishrani i dr. aktivnostima, u koju životinja ulazi dok su još povoljni spoljašnji uslovi. Uglavnom je vezana za smenu godišnjih doba. Za razliku od nje **kviscens** (quiszenz) je pauza u razviću, ishrani i sl., koja nastaje čim se pogoršaju spoljašnji uslovi i traje sve dok su oni ne-povoljni. Npr. za aktivnost kišnih glista kod nas je najpovoljnija temperatura tla od četiri do 12°C. Čim temperatura ode van ovog dijapazona, ili drastično opadne vlažnost tla, one prekidaju aktivnost. Odmah pošto vlažnost poraste i temperatura postane odgovarajuća, one se aktiviraju, bez obzira na godišnje doba.

Bogomoljke su u jesen potpuno zrele. Biogeografski predstavljaju južne elemente, pa se u Centralnoj Evropi nalaze samo na jugu. Ako se drže u kavezima sa neonkama, larve uginu kada treba da se presvuku. Sumnjalo se da ishrana muvama nije adekvatna, tj. da je razlog nemogućnosti završetka razvića. Međutim, konstatovano je, ipak, da je zamena neonki običnim sijalicama (jer su neonske pregorele) urodila plodom, tj. razviće je bilo dovedeno do kraja. Zaključeno je da svetlost sijalica sadrži zrake kojih je neonsko svetlo lišeno, a koji su bitni za **presvlačenje** bogomoljke.

Retke su životinje koje su indiferentne na svetlost. Rakcije su fototaktički uglavnom dvojake – pozitivne (privlači ih) ili negativne (beže od nje). Mnoge životinje se **orientišu** prema svetlu. Na primer korali i hidre su pozitivno fototaktički, tj. okreću se ka svetlu. Sa druge strane, Acarina, mnogi pauci i zemljišni insekti se uvek sa svetla povlače u senku ili ka tamnom predmetu, jer imaju invertne oči kojima ne razaznaju objekte, nego samo određuju intenzitet i ugao pod kojim svetlost pada. Mužjaci kraba se uvek kreću tako da im svetlost pada pod istim uglom – imaju jedna klešta nesrazmerno velika i koriste ih kao štit.*

Životinje se **kreću orijentišući** se prema uočenim objektima ili intenzitetu svetlosti. Kišna glista nedostatak očiju nadoknađuje fotoreceptorima u koži, kojima može razlikovati svetlosti. Ako je izlažemo svetlostima raznih boja uočićemo da je najjača reakcija na belu.

Ocele, životinjama koje ih imaju, ne služe da prepoznaju oblike, već da odrede intenzitet svetlosti (poput luksmetra).

Neke životinje (bube-trčuljci, npr.) razlikuju delove spektra i biraju svetlost određenog dijapazona. Tako su tanjirići različitih boja, prečnika 10–15 cm, razbacani po livadi po zakonu verovatnoće, privlačili uvek iste insekte. Npr. na žute tanjiriće su dolazili insekti koji se inače hrane na žutim cvetovima biljaka kupušnjača (Brassicaceae). To je potvrda da **insekti-oprašivači razlikuju boje**. Pčele izuzetno dobro vide neke boje, a druge uopšte ne vide (njima je crvena boja siva, pa košnice ne treba bojiti crveno), ali one vide deo spektra koji mi ne vidimo (reflektovane kratke talase, uključujući znatan deo UV oblasti). Čovek ne registruje UV i IC zrake. Zvečarke i sipe vide IC deo spektra, pa mogu da love plen i u mraku.

Osim boja, **insekti razlikuju i oblike** – krug, trougao, pun i prazan kvadrat, krst i sl. Naučnici su u eksperimentu na različite zname razbacane po livadi stavljeni šećer, nektar ili bezmirisnu šećernu vodicu. Insekti su tako učeni da sleću na zname. Oni su čak i posle sklanjanja atraktanta sa znakova, nastavljali još par puta da sleću na zname. Pošto su dva puta prevareni, prestajali su da sleću na zname. Ovaj eksperiment je potvrdio da su cvetovi sa razlogom obojeni, kako bi privukli tačno određene insekte da ih oprase.

* Ako vinogradskog puža spustimo na staklo ispod kojeg je papir sa isertanim izlomljenim crnim prugama, on će se kretati isključivo po beloj trasi, izbegavajući crne pruge.

Ose i stršljenovi lete na visini 1,5 do tri metra, što entomolozi koriste ako žele da ih ulove tako što postavljaju lovne mreže na toj visini u koridorima između dve šume npr.

Bogomoljka uvek izabira pozu pod tačno određenim uglom u odnosu na svetlosne zrake.

Dnevni leptiri ujutru šire krila pod pravim uglom u odnosu na svetlosne zrake, a u toku dana ih sa-kupljaju iznad tela, pošto se dovoljno zagreju, tj. nakupe potrebnu energiju krilima poput solarnih ploča.

Slično, jarke boje korala i poliheta privlače određene planktonske organizme koji rado prilaze omiljenoj boji.

Valjalo bi na kraju spomenuti i pojave obojenosti u cilju kamuflaže (**mimikrija**; gr. mimikos – koji imitira), upozorenja (**aposemija**; apo – daleko, i semantic – znak) i **kriptičku sličnost** (lažnu upozoravajuću obojenost kada bezopasna vrsta imitira opasnu)* (sl. 58).



Sl. 58. – Obojenost: a – kamuflažna, b – upozoravajuća (pauk skakač) i c –lažna upozoravajuća (osolika muva) (fotografije sa terenske nastave na Staroj planini, maja 2010)

Iz svega rečenog postaje jasno da bi, kada bi se narušilo osvetljenje u životnoj sredini, mnogi organizmi uginuli, jer im mnoge funkcije (rast, ishrana, razmnožavanje, kretanje, dormancija, razviće i dr.) direktno ili indirektno zavise od svetla.

Temperatura (toplota) životne sredine kao ekološki faktor

Pošto je lako merljiva, topota sredine je jedan od najviše proučavanih ekoloških faktora.

Topota je važan oblik energije. Zavisno od količine energije koja se dodaje nekom sistemu, mogu se procesi u njemu manje ili više ubrzati. Njeno dejstvo na organizme je mnogostruko i, često, jasno vidljivo. Razlog je jednostavan: svi procesi u živim organizmima se svode na biohemijske reakcije, čiji tok zavisi od termičkog režima sredine. Ljudi su odavno zapazili ovaj značaj temperature.

Topota deluje na procese metabolizma, razviće, rast, razmnožavanje, ponašanje, sezonsku aktivnost, brojnost populacija, dužinu života, rasprostranjenje i td.

Topotna energija se manifestuje kroz intenzitet i količinu. Mera intenziteta topote je temperatura. Izražava se stepenima (Celzijusovim ili Kelvinovim). Količina topote predstavlja kapacitet nekog objekta da je prima ili odaje. Izražava se u kalorijama** ili džulima (J)**.

Sunčev zračenje je osnovni izvor topote na Zemlji (sl. 43). Količine topote koju Zemljina utroba odaje biosferi su male ($0,0001 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$). Od ukupne Sunčeve radijacije do Zemlje dopire samo spektar talasnih dužina od 200 do 5000 nm. Za ljudsko oko vidljiva bela svetlost je deo tog spektra ($\approx 400\text{--}750 \text{ nm}$). Svi zraci koji stignu do atmosfere donose topotnu energiju, od čega gro (60%) donose infracrveni zraci, a 40% vidljivi (za ljudsko oko) deo spektra.

Topotni uslovi u biosferi

Termički uslovi u biosferi variraju u uskim granicama raspona od oko 100°C . Maksimalni temperaturni raspon se sreće na kopnu i u vazduhu – najniže temperature prizemnog sloja vazduha dostižu -70°C (u Sibiru); najviše temperature vazduha su oko podne u vrelim pustinjama ($+60^\circ\text{C}$), dok tlo dostiže 84°C . Stoga su u kopnenim ekosistemima saprofitne vrste mikroorganizama uglavnom euriterme. U vodenoj sredini je uži temeperaturni raspon – donja granica u tekućim slatkim vodama je 0°C , a $-2,5^\circ\text{C}$ u morskoj. U vodenoj sredini su kole-

* Sinonim je Batezijanska mimikrija [po naučniku Henry Walter Bates (1825–1892) koji ju je prvi uočio].

** Jedna kalorija (cal) predstavlja količinu topote koju pri vazdušnom pritisku od jedne atmosfere treba dovesti jednom gramu vode da bi mu se temperatura sa $14,5^\circ\text{C}$ povisila na $15,5^\circ\text{C}$.

*** Džul (J) je jedinica za energiju. Predstavlja rad koji izvrši sila od jednog N (njutna) kada se njen težište (mesto delovanja sile) pomjeri za jedan metar u smeru dejstva sile. Njutn je jedinica za silu. Predstavlja silu koja telu mase od jednog kilograma daje ubrzanje od 1 m/sec^2 ($1\text{N}=1\text{kgm/sec}^2$).

banja manja nego na suvom, jer voda ima visoki toplotni kapacitet. U Persijskom zalivu temperatura mora je 36°C . Izuzetno, u gejzirima voda ima $80\text{--}90^{\circ}\text{C}$.

Stvarna kolebanja temperature u pojedinim biotopima su tokom dana, godine ili dužeg vremenskog perioda znatno manja. Temperaturna kolebanja su odlika geografskih oblasti – najveća su u kontinentalnim pustinjama, a najmanja u tropima.

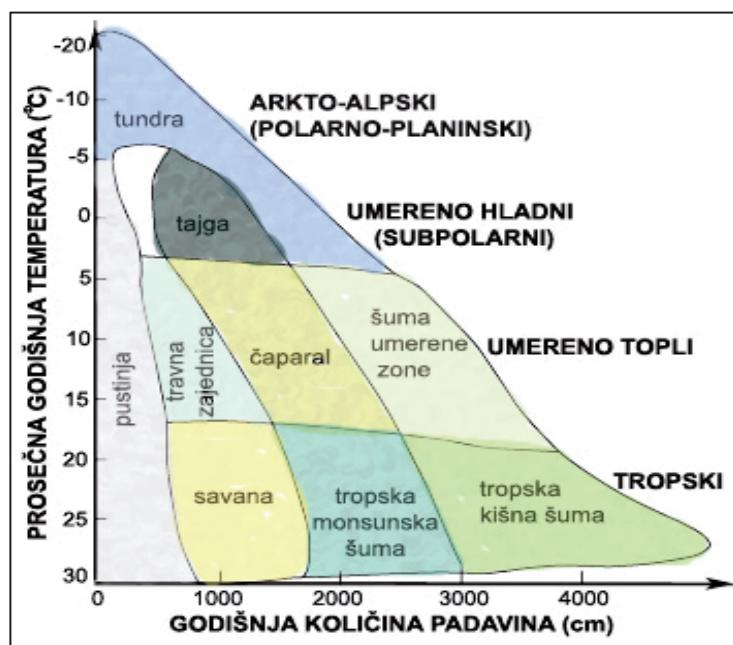
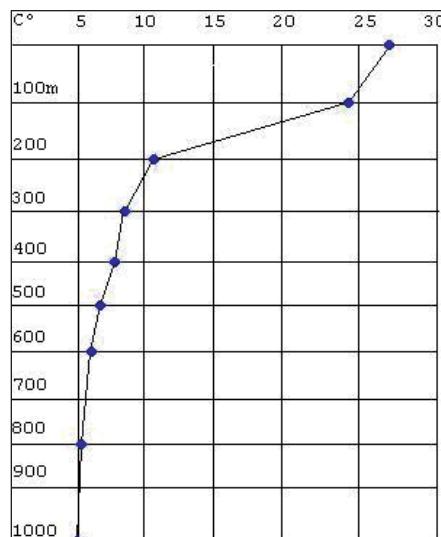
Vertikalni temperaturni gradijent. – U umerenim geografskim širinama, velike vodene akumulacije leti apsorbuju toplotu, a zimi je odaju neposrednom okruženju. Količina apsorbovane toplote se zove **termički bilans jezera**. Leti su ova jezera termički stratifikovana na **epilimnion** (u kojem temperatura naglo opada sa dubinom) i **hipolimnion** (temperatura nastavlja da opada, ali veoma sporo). Između njih je **termoklina**. Najdublji slojevi ovih jezera (preko 100 m) ostaju temperaturno nepromjenjeni (konstantno zadržavaju približno 6°C). Nakon opisane **letnje stagnacije**, hlađe se površinski slojevi i u zimu se temperatura izjednači – nastupa **zimska cirkulacija**, tj. voda se meša od površine do dna. Sličan slojeviti temperaturni raspored je i u morima (sl. 59), s' tim da su na istim dubinama i haloklina i piknoklina (salinitet i gustina vode najpre naglo, a potom sporo rastu sa dubinom).

Vertikalni temperaturni gradijent je prisutan i u drugim kopnenim biotopima, npr. od nizija ka vrhovima planina u istoj geografskoj oblasti.

Horizontalni temperaturni gradijent je ostvaren između polova i ekvatora (Sl. 60), ali se sreće i u nekim biotopima.

Oba temperaturna gradijenta doprinose raznovrsnosti životnih uslova u biosferi.

Sl. 59. – Termoklina u tropskom Atlantiku
na osnovu merenja 1957. godine
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Thermocline.jpg>)



Sl. 60. – Horizontalni temperaturni i padavinski gradijent i smena bioma (predela) od ekvatora ka Severnom polu (na osnovu Whittaker-ove sheme izložene u „Communities and Ecosystems“, 1975)

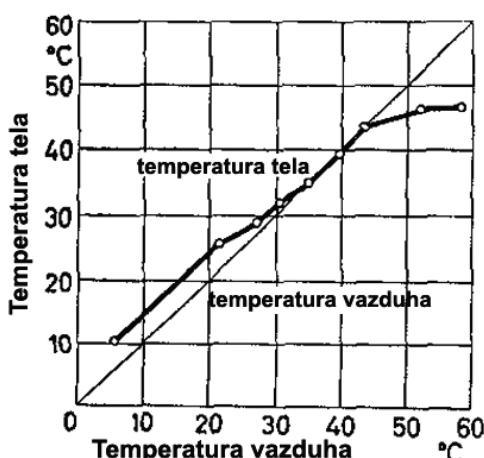
Termička razmena organizma i sredine

Organizmi su evolucijom izgradili dva sistema regulacije telesne temperature u odnosu na temperaturu spoljašnje sredine:

- **pojkilotermni organizmi** nisu u stanju da održavaju temperaturu svog tela na nekom optimumu relativno nezavisnom od temperature spoljašnje sredine, tj. njihova telesna temperatura varira (sl. 61) (gr. pojkilos – raznolik, nejednak, promenljiv); i
- **homeotermni organizmi** održavaju temperaturu tela (ptice i sisari) (gr. homeo – isto, jednako).

Pojkilotermi su zнатно brojniji. Takvi su mikroorganizmi, gljive, sve biljke i veliki broj životinja (svi invertebrati, ribe, vodozemci i gmizavci). Oni izdržavaju velika kolebanja temperature sredine. Često se pojkilotermi nazivaju i **hladnokrvnim organizmima**, jer su na dodir uglavnom hladni. Telo pojkiloterma toplotu primarno dobija iz životne sredine. Zagrevanje toplotom iz okoline predstavlja **ektotermiju** („toplota od spolja“). Ako zimi uzmemo grumen smrznute zemlje (temperatupe oko 0°C) i unesemo ga u toplu prostoriju, iz njega će polako izmleti brojni sitni organizmi, koji su bili u nekom letargičnom, kviscens stanju. Svi su oni pojkilotermi.

Homeotermija je ekološki veoma značajna. Ona se ispoljava skoro konstantnom temperaturom tela, nezavisnom od temperature spoljašnje sredine. Ptice i sisari su homeotermi. Njihova telesna temperatura je, uglavnom, viša od temperature sredine, pa ih često nazivamou **toplokrvnim životinjama**. Njihova telesna toplota se generiše metabolički, tj. potiče iz unutrašnjosti organizma, i to procesom **endotermije** („toplota iz unutrašnjosti“). Ona im obezbeđuje visoki intenzitet životnih procesa pod različitim sredinskim termičkim uslovima, odnosno široko rasprostranjenje.



Sl. 61. - Telesna temperatura pčele (*Apis mellifera*) u odnosu na temperaturu vazduha
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1977)

dok homeoterm i pojkiloterm ukazuju da li je ona stalna ili promenljiva.

Homeotermija počiva na **termoregulaciji**. Termoregulacija reguliše odnos proizvodnje i odavanja telesne toplote, povećavanjem ili smanjenjem intenziteta oksidacije (hemiska termoregulacija), ili jačim, odnosno slabijim odavanjem toplote menjanjem intenziteta površinskog krvotoka, rada znojnih žlezda (jedna kap znoja veličine zrna graška ohladi litar krvi čoveka za 0,5°C), disanja, položaja perja ili dlaka (fizička termoregulacija). U mehanizmima termoregulacije aktivno učestvuju nervni i endokrini sistem. Sisari se znoje kada im je toplo, tj. evaporacijom kroz znojne pore regulišu telesnu temperaturu.

Na prelazu između pojkilotermije i homeotermije je grupa organizama koji temperaturu tela regulišu endotermno, ali ponekada i ektotermno, зависно od stanja u životnoj sredini i metaboličkih potreba. To su tzv. **heterotermi** (gr. hetero – nejednako, različito). Takvi su pčele (sl. 61), kolibri i slepi miševi. Pčele, kada je napolju hladno, lebde u košnici, zuje mašući krilima, pri čemu aktiviraju kratke mišiće i iz meda (šećera) koji su pojeli oslobođa se energija i podiže temperaturu u košnici. U međuvremenu pčele menjaju položaj – one odozgo silaze, a odozdo se penju u viši sloj. Tako toplota oslobođena radom mišića održava konstantnu temperaturu u košnici (leti 35–36°C, a zimi 13, 15 pa i 30°C).

Često se termini homeoterm i endoterm koriste kao sinonimi. Takode i pojkiloterm i ektoterm. To nije ispravno, jer **ektoterm** i **endoterm** označavaju mehanizam koji određuje telesnu temperaturu,

Učestalost kontrakcija izolovanog srca je na istoj temperaturi znatno veća kod homeoterama nego kod pojkiloterama.

Primitivni oblici termoregulacije se javljaju i kod pojkiloterama.

Pojkilotermni organizam termoregulaciju vrši nastojeći da se smesti u odgovarajuće uslove. Na primer, leti, u primorju, skakavaca danju prividno nema. Zapravo, skriveni su u senkama, travi i krošnjama drveća, jer su u jutarnjim časovima, šireći krila boravili na otvorenim prostorima ili vrhovima biljaka i sakupili dovoljno energije, a potom se polako povukli u biljne i druge zaklone. Kada padne mrak i opadne temperatura sredine, oni povrve iz skloništa. Slično, gušteri i zmije su tokom proleća u podne na stenama (sakupljaju energiju za obavljanje dnevnih aktivnosti), dok ih leti tu nema (pretoplo im je). Zmije leti love glodare noću, dok se, poput poskoka, danju u podne popenju na grane žbunova, jer je tu hladovina. Zrikavci su leti ujutru na gornjoj, a u podne na donjoj strani listova, ili su sišli niz stabljiku na tlo. U Dalmaciji se sitni mravi leti, kada su velike vrućine, kreću „na vrhovima prstiju“, i tako odižu zadnji deo tela u kojem je srce, kako bi izbegli pregrevanje.

Pojkilotermi koji zagrevanjem na sunčevim zracima podižu telesnu temperaturu iznad spoljašnje su tzv. **heliotermi**.

Pojkilotermi mogu i drugačije da regulišu temperaturu tela. Prilično razrađeni su metodi socijalnih insekata, mrava i termita. Mravi, koji inače očiste svoje staze i do 200 m u dužinu, ostavljaju pred samim ulazom u mravinjak gomilu (kupu) zemlje za kritične periode proleća i jeseni, kada im je potrebno više topote. Termitnjaci su, čak, tvrdoće betona, jer termiti zemlju za gradnju slepljuju svojim sekretom, pljuvačkom. Njihova kupa je orijentisana uvek tako da je nepovoljni sunčevi zraci ne pregreju (šire su stranice prema istoku i zapadu, a uže prema jugu i severu).

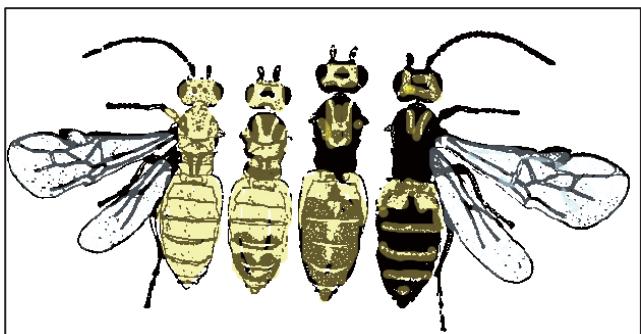
Zimi je u stajnjaku toplo (procesima razlaganja se oslobađa topotna energija), pa se mnoštvo insekata i kišnih glista nakuplja ispod. Ose pred zimu kopaju na određenoj dubini u zemlji svoja gnezda i u njih uvlače materijal koji će truliti. Kišne gliste se zavlače dublje u tlo. Poskok zimuje u trulom drvetu sa šušnjem, gde bakterije razlažu mrtvi biljni materijal i podižu temperaturu. Temperatura se može toliko podići da ga natera da ispuzi na sneg da bi se ohladio.

Vlastita produkcija topote radom mišića može bitno povisiti telesnu temperaturu pojkiloterama u odnosu na spoljašnju – kod riba za 10°C, a kod leptira za 20°C.

Svi organizmi su tokom ontogeneze pojkilotermi. Sisari tek po rođenju, a ptice po izleganju su homeotermi. Zato većina ptica leži na jajima i greje ih dok traje embrionalno razviće. Koke-humkašice u Australiji polažu jaja u velike gomile trave koju je sakupio mužjak. Truljenjem trave se oslobađa topota neophodna za razviće jaja, jer ženka odlazi čim položi jaja, a mužjak ih sve vreme čuva.

Životinje, da bi upile što više topote sunčevih zraka, mogu da reaguju menjanjem položaja tela ili pojačanom pigmentacijom (sl. 62). Mrave i mirmekofilne organizme lakše je sakupljati u proleće, jer kamen tada upija sunčeve zrake i deluje prijatno zagrevajući tle i životinje, međutim, u avgustu je pregrejan i životinje se povlače dublje u mravinjak.

Na velikim nadmorskim visinama je problem termoregulacije izrazitiji, jer su veće oscilacije temperature vazduha. Pojkilotermi tu reaguju smanjivanjem površine sa koje odaju topotu. Čak do 50% skakavaca sa kupljenih na planinama iznad 1900 m nadmorske visine ima redukovana krila. Planinski tvr-



Sl. 62. - Obojenost ose *Habrobracon juglandis* gajene na 16, 20, 30 i 35°C
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1977)

dokrili surlaši roda *Otiorhynchus* potpuno gube letna krila, elitre im srastaju, a telo je tamno – mrko ili crno. Naime, preko velike površine krila insekti bi noću izgubili dosta toplote. Zato im je telo zdepasto, kratkonoga i tamno, sa kratkim letnim krilima ili bez njih.

Usled intenzivnog metabolizma homeotermi imaju stalnu telesnu temperaturu, pa skoro i ne zavise od spoljašnje temperature. Međutim, njihova potrošnja hrane je veća. Pojkilotermi mogu znatno duže gladovati i lakše podnosići nedostatak hrane.

Svaka vrsta ima specifičnu temperturnu valencu na koju se tokom evolucije adaptirala. Temperturni raspon u okviru kog je moguć život pojkloterama uglavnom je od $-1,5$ do $+50^{\circ}\text{C}$. Međutim, četinari severne tajge podnose temperature i do -60°C , a metabolizam i rast bakterija se odvijaju u temperturnim uslovima od nekoliko stepeni ispod nule do $+110^{\circ}\text{C}$. Stenotermni mikroorganizmi imaju usku temperturnu valencu, često užu od 10°C (u ovu kategoriju mogu biti uvršćeni patogeni toplokrvnih životinja). Na osnovu valence i optimalne temperature, mikroorganizmi se dele na psihrofilne, mezofilne i termofilne

Psihrofilni mikroorganizmi rastu na relativno niskim temperaturama (0 – 30°C), a optimum im je najčešće između 19 i 22°C . Žive u zemljištu i vodi. Izolovani su i iz zamrznutih namirnica.

Mezofilni mikroorganizmi žive na 20 – 52°C . Tu spadaju paraziti i patogeni toplokrvnih životinja, kojima je optimalna temperatura sredine 35 – 45°C . Međutim u ovoj kategoriji su i brojni saprofiti.

Termofilni mikroorganizmi su prilagođeni sredinama sa relativno visokom temperaturom (oko 55°C , ali hipertermofili izdržavaju 80 – 110°C pa i više), uglavnom u termalnim vodama i gejzirima. Adaptirali su se na visoke temperature jer imaju specifične proteine, osobene nukleinske kiseline i otporne ćelijske membrane.

Za žabe roda *Rana* temperturna valanca je od 2 do 27°C , a za muve od 12 do 30°C . Šaran bi uginuo u vodi toplijoj od 30°C , dok su tropskim ribama to optimalni uslovi, a uginule bi na temperaturi ispod 15°C . Šaran se, naprotiv, na 15°C vrlo dobro razvija.

Vrednost ekološke valence za temperaturu se menja sa stupnjem razvoja organizma. Najuža je za najranije (najmlađe) stadijume (jaja, larve).

Granične temperature valence (minimalna i maksimalna) su letalne.

Organizmi i niske temperature

Veliki broj pojkloterama umire na 0°C . Što je temperatura spoljašnje sredine bliža ovoj vrednosti, to više jenjavaju polne funkcije, skraćuje se dnevna aktivnost, životinja je sve tromija, prestaje da se hrani, menja ponašanje, prestaje da se skriva. Ako temperatura nastavi da opada, životinja se ukoči, prestaje da se kreće, i ako nije zaklonjena, ugine. Nekada smrt nastupa tek onda kada se spoljašnja temperatura spusti toliko da se smrznu telesne tečnosti (formiraju se kristali leda koji razore ćelijske strukture – membrane i organele).

Po otpornosti na niske temperature pojkloteri se dele u tri grupe:

- oblici sposobni da izdrže temperature bliske absolutnoj nuli* (spore, semenke, bakterije, gljive, ciste Protozoa, Rotatoria, Nematoda...),

- oblici koji uginu na temperaturi mržnjenja vode ili bliskim (-2 do $+2^{\circ}\text{C}$),

- oblici koji uginu iznad tačke mržnjenja vode, zapravo iznad 2°C .

U drugoj grupi su i pojkloteri umerenih krajeva, zimi izloženi temperaturi od 0°C do -30°C , pa i nižoj. Oni su izgradili složene fiziološke načine zaštite. Neki autori to za insekte objašnjavaju pojavom **prehladivanja telesnih tečnosti**. Naime, one se rashlađuju sve dok se u njima ne pojave prvi kristali leda (to može biti i tek na -20°C , jer su telesne tečnosti složeni koloidni rastvor), a onda se naglo povišava temperatura jer se oslobađa latentna krisatalizaciona toplota. Ako bi polako bile zagrejane, ove životinje, inače ukočene, bi „oživele“.

* ($-273,16^{\circ}\text{C}$); spore *Bacillus* bakterija mogu da opstanu tri dana na -253°C .

Daljim hlađenjem, međutim, one uginu, jer im se smrznu telesne tečnosti i tkiva dehidriraju. Koliko će biti efikasan sistem prehlađivanja zavisi od količine telesnih tečnosti u organizmu, odnosa slobodne i za koloide vezane vode, količine masti, brzine hlađenja i dužine trajanja niskih temperatura.

Postepenim rashlađivanjem smrzava se intracelularna voda i ćelija odumire. Međutim, usled naglog zamrzavanja bakterija na -70°C ili na nižoj temperaturi, njihova protoplazma prelazi u amorfno stanje (**vitrifikacija**), a nakon brzog odmrzavanja one „ožive“. *Coxsackie*-virus ne gubi patogenost ni nakon 1,5 godine na -40°C . Virus influence je patogen i nakon šest meseci na -70°C .

Temperature ispod 0°C kod biljaka izazivaju desikaciju, porast osmotskog pritiska, koagulaciju protoplazme i mehanička oštećenja (ćelijski zid se sve više skuplja, a voda u protoplazmi širi pri snižavanju temperature od $+4$ do 0°C , izlazi iz ćelije i ako temperatura nastavi da opada, mrzne se u međućelijskim prostorima, a protoplazma suši). Ako se voda u tlu smrzne, koren ne funkcioniše. Niske temperature zimzelenom mediteranskom hrastu česvinu (*Quercus ilex*) (sl. 63) najpre oštete klicu, pa mlade delove korenovog sistema, grane u cvetu, a najotpornije je staro stablo.



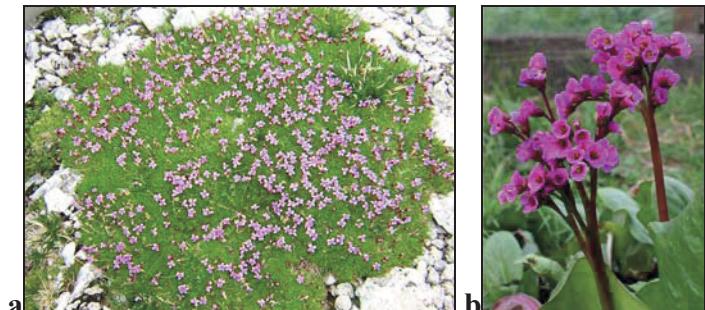
Sl. 63. – Česvin (*Quercus ilex*)
(<http://www.summagallicana.it/lessico/g/Gallinaria%20pineta.htm>)

Niske temperature mogu na biljke delovati indirektno, izazivanjem **anaerobije**: kada se površina snežnog pokrivača dovoljno zagreje, pa naglo ohladi i smrzne, ili se zamrzne ledena kiša, pa se biljke zalede i uguše.

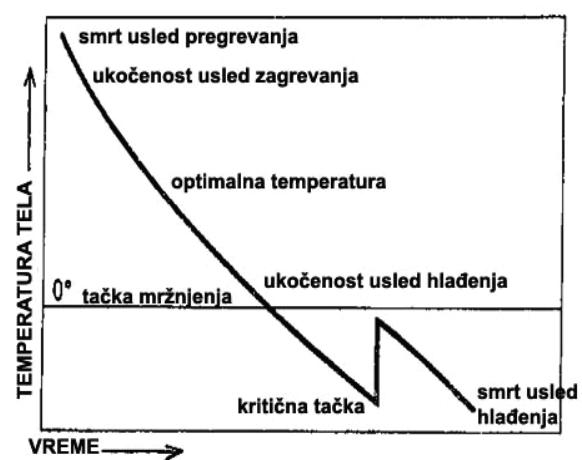
Prilagođavanje biljaka na niske temperature se svodi na sprečavanje desikacije (isušivanja) protoplazme ćelija *habitusom* [jastučaste forme (sl. 64a), lisne rozete], anatomskom i histološkom *gradom* i *fiziološkim rešenjima* (opadanje lišća i grana; visoki sadržaj osmotski aktivnih materija u ćeliji – prvenstveno šećera, antocijana i soli, ili sluzi, tj. mukoproteida poput himalajskih biljaka roda *Bergenia*, sl. 64b). Četinari su otporniji na hladnoću od lišćara, zato što slabije transpirišu.

Pozitivno dejstvo niske temperature na biljke se manifestuje kroz **jarovizaciju** (vernalizaciju) i **termoperiodizam**. Ukratko, biljke, bolje klijaju, rastu i napreduju ako su izložene fluktuaciji temperature i svetlosti, nego u uslovima konstantne temperature.

I kod životinja postoje različiti sistemi odbrane od smrzavanja. Mnoge životinje se spremaju u jesen formirajući „antifriz“ sisteme u svojim tkivnim tečnostima (dietil-sulfoksid),



Sl. 64. - Biljke i niska temperatura:
a – jastučasta forma, b – *Bergenia* sp.
(foto planinar Slava Miletić, Slovenski Alpi, 2004; http://www.erostlina.cz/obchod/images/Bergenia_cordifolia_%27Purpurea%27.jpg)



Sl. 65. – Telesna temperatura pojkilotermne životinje i hlađenje sredine
(modifikovano Schwerdtfeger, 1977)

ili izbacujući višak vode iz ćelija (i tako koncentrujući materije u njima) uspevaju da izdrže -5 do -8°C . Ako te iste životinje ulovimo leti i izložimo ih temperaturi -5°C , uginuće jer nisu pripremljene.

Veliki broj životinja pojkloterama umire na 0°C . Što je temperatura spoljašnje sredine bliža ovoj vrednosti, to više jenjavaju polne funkcije, skraćuje se dnevna aktivnost, životinja je sve tromija, prestaje da se hrani, menja ponašanje, prestaje da se skriva. Ako temperatura nastavi da opada, životinja se ukoči, prestaje da se kreće, i ako nije zaklonjena, ugine (sl. 65).

Teže je objasniti letalno dejstvo umereno niskih temperatura (iznad tačke mržnjenja telesnih tečnosti) na tropске i suptropske pojkloterme, kao i na one koji žive u skloništima (gmizavci, insekti u skloništima namirnica, domaća pčela, kućna stenica i sl.). Verovatno su u pitanju poremećaji metabolizma, jer pojedini biohemijски procesi imaju određene temperaturne zahteve.



Sl. 66. – Evropski jež
Erinaceus europaeus
(<http://molbiol.ru/pictures/80242.html>)

Homeotermi se od niskih temperatura spoljašnje sredine brane pojačanom produkcijom topote, pojačanom topotnom izolacijom tela (krzno, perje, masne potkožne naslage i sl.) ili specifičnim metaboličkim sistemom prezimljavanja zvanim **hibernacija** (poput evropskog šumskog ježa, sl. 66). Pojačana termogeneza kod polarne lisice počinje na -40°C , a majmuna već na $+20^{\circ}\text{C}$. Gubljenje otpornosti na hladnoću zavisi od toga koliko je niska temperatura, koliko dugo traje, koliko je krupno telo životinje, kakvo je stanje „energenata“, u njenom telu, a svakako i od toga koja je vrsta u pitanju. **Hipotermija** je stanje iz kog se homeoterm može povratiti zagrevanjem. Ako se nastavi snižavanje temperature sredine, on iz stanja hipotermije prelazi u letalno, jer se životni procesi u njemu polako gase. Zastoj srca i disanja u hipotermiji su reverzibilne reakcije. Za čoveka letalna hipotermija je na $18\text{--}25^{\circ}\text{C}$, za pacova $-3,2$ do -15°C .

Organizmi i visoke temperature

Visoke temperature su letalne kada ugroze integritet organizma narušavanjem biohemijskih procesa (uglavnom inaktivacije enzima katalaze, oksidaze i dehidrogenaze).

Pojklotermi su osjetljiviji na povišavanje, nego na snižavanje temperature sredine. Maksimalne letalne granice retko su veće od 50°C .

Izuzetno, za modrozelene alge i bakterije u termalnim izvorima letalno je tek 85°C . Najveći broj vegetativnih oblika bakterija ugine već nakon 5–10 minuta na $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$, dok im spore opstaju duže, čak i na temperaturama preko 100°C .

Većina biljaka ugine ako je dugo izložena temperaturi od 40°C . Štetno dejstvo visokih temperatura na biljke je posledica neusklađenosti procesa disanja (ono je sve intenzivnije sa porastom temperature) i fotosinteze (ona donekle prati porast temperature, a onda se uspori i ako temperatura nastavi da raste – prestane).

Povišavanje temperature sredine i približavanje maksimalno podnošljivoj kod pojkloternih životinja dovodi najpre do prestanka parenja i polaganja jaja, nervoze, gubljenja refleksa (prestaju da se skrivaju, hrane), a pri daljem porastu topote kod tih životinja nastupaju grčevi, kolaps i na kraju uginu (slično kao pri rashlađivanju) (sl. 65).

Finska vrvi od močvara i komaraca, ali nema malarije, pošto razvije *Plasmodium vivax* i drugih protozoa uzročnika ove bolesti traje duže nego što je životni vek tamošnjih komaraca, tj. nego što traje letnji period.

Pojklotermi hladnih predela su krupniji, tj. povećavaju volumen u odnosu na površinu tela. Rakovi u švedskim i norveškim morima su dva puta veći od pripadnika iste vrste u Jadranu.

I homeotermi su znatno manje otporni na visoke temperature. Pojačanim perifernim krvotokom, jačom plućnom ventilacijom, znojenjem i drugim načinima oni odaju veće ko-

ličine vode, a sa njom i više topote iz organizma. Ubrzano disanje ptica i sisara sa slabim znojenjem može dostići 200 udisaja u minutu. Pas koji dahće napravi 130–140 izdisaja u minutu, jer se znoji samo preko šapa. Pri višim temperaturama na kojima organizam više ne uspeva da održi svoju telesnu temperaturu dolazi do hipertermije. Telesna temperatura se naglo podigne i ubrzo dostigne letalnu granicu (za psa 41,7°C, čoveka 43,5, a za kokoš 47°C).

Zbog globalnog zagrevanja Zemlje, Evropa je za 1,4°C toplijia nego pre 100 godina. Zbog toga su se od 35 vrsta leptira, 22 prenestile 20 do 150 milja severnije, što je uslovilo nestanak njihovih populacija u južnim zemljama, a pojavu u severnim. Na primer, *Heodes tityrus* je nestao iz južnih delova Španije, ali se ustalio u Estoniji. Populacije lososa na Aljasci su počele da propadaju zbog zagrevanja Pacifika. U ovom veku se očekuje porast temperature 4–8°C zbog efekta staklene bašte. To znači da će doći do još uočljivijih zoogeografskih promena.

Odnos temperature i životnih procesa

Između temperature sredine i brzine hemijskih reakcija postoji direktna srazmerna. Njen kvantitativni izraz je Vant-Hoffov zakon. Po njemu hemijski procesi teku 2–3 puta brže sa porastom temperature za 10°C.

Na primer, evidentno je da kod larvi kukuruznog moljca potrošnja kiseonika raste sa porastom temperature, kao i da protoza *Stentor* ubrzava rad cilija.

Međutim, organizam nije prost fizičko-hemijski sistem. Eksperimentalno je utvrđeno da produkcija suve materije u biljkama raste sa porastom temperature tla do +21°C i vazduha do 17°C, a nadalje ne.

Svi životni procesi u biljkama zavise od temperature spoljašnje sredine (disanje, fotosinteza, primanje i sprovođenje vode, transpiracija, rast, razviće, razmnožavanje). Svaki od procesa ima temperaturni minimum i maksimum. Ako su oba za sve procese u domenu niskih temperatura, biljka je **frigorifilna** (hladnoljubiva), a ako su u visokim – **termofilna** (toploljubiva). Prve nastanjuju hladne predele – tundre, alpske i nivalne delove planina, snežnike* i sl., a druge ekvatorijalne (tropske) i suptropske oblasti. Izrazito termofilne su biljke u gejzirima i termama, gde temperatura vode prelazi i 70°C. Tipične frigorifilne i termofilne biljke su **ste-notermi**. Biljke umerenog klimatskog pojasa su pretežno **euriterme**.

Kriva koja izražava odnos brzine životnih reakcija i temperature sredine je zapravo rezultanta mnogobrojnih biohemijских procesa. Intenzitet raznih životnih procesa nije uvek isti. On zavisi i od temperature sredine u kojoj je organizam prethodno boravio. Na primer Tvrdo-krilac *Melasoma populi* koji je prethodno boravio na 12°C troši više kiseonika nego jedinke koje su živele na 25°C. Isto je konstatovano za jegulje.

Znači, postoji fiziološko prilagođavanje, ili, tzv. **termička aklimatizacija** na temperaturu sredine prethodnog boravka. To je reverzibilan proces.

Šumski crveni mrav *Formica rufa* držan na 5°C kao najpovljniju temperaturu traži 23,3°C, a držan na 27–29°C bira temperaturu sredine od 32,3°C.

Brzina rasta u postembrionalnom razviću je relativno mala kod životinja držanih sve vreme na optimalnoj temperaturi, u odnosu na one koje su u stadijumu jajeta držane na nižoj, pa premeštene na višu temperaturu. Naprotiv, razviće se mnogo više usporava ako se životinja držana na višoj temperaturi prenese na nižu, nego da je stalno bila na niskoj temperaturi.

Treba razlikovati termičku adaptaciju od termičke aklimatizacije.

Termička adaptacija jeste istorijski nastala nasledna prilagođenost na određenu termičku sredinu.

Ekologija životinja je svoje prve eksperimentalne korake postigla upravo prateći efekte temperature. Oni se ispoljavaju na razmnožavanju, razviću i ponašanju životinja.

* Izraziti frigorifil je alga *Sphaerula nivalis* koja živi na lednicima, na – 32°C.

Temperatura sredine i razmnožavanje

Temperatura sredine utiče na razmnožavanje. Za sazrevanje polnih produkata pojkiloterama je potrebna određena količina topote. Kod insekata je početak sazrevanja polnih ćelija direktno regulisan spoljašnjom toplotom. Domaćoj muvi je potrebno 20 dana da joj sazru gonade ako je držana na temperaturi 20°C , a samo četiri dana na 31°C . Haringa iz norveškog dela Atlantika je polno zrela dve godine pre vršnjakinje iz severnijih delova. Ženke jegulje iz reke Po (Italija) polno su zrele u petoj do sedmoj godini života, a sa ušća Elbe (Danska) tek u osmoj, odnosno devetoj.

Temperatura iznad optimalne takođe može sprečiti sazrevanje gonada. Tako 50% mužjaka i ženki vinske mušice ostaje sterilno ukoliko su gajeni na 32°C .

Visoka temperatura sredine u stupnju lutke leptira može dovesti do sterilnosti imaga.

Temperatura utiče i na fekunditet (broj položenih jaja) pojkiloterama, naročito insekata (sl. 67). Ženka ljudske vaši *Pediculus humanus corporis* uopšte ne produkuje jaja ako je temperatura niža od 25°C . Ženke skladišnih štetočina, pirinčanog žiška *Sitophylus oryzae* i kukuruznog moljca *Pyrausta nubilalis*, najviše jaja produkuju na temperaturi $26\text{--}29^{\circ}\text{C}$.

Mnoge vrste insekata polaganje jaja regulišu prema spoljašnjoj temperaturi. Npr. komarac malaričar *Anopheles quadrimaculatus* jaja polaže ukoliko je spoljašnja temperatura $12,8$ do $16,7^{\circ}\text{C}$. I sezona polaganja jaja riđe žabe *Rana temporaria* zavisi od temperature. U Bretanji (Francuska) ona počinje već u januaru, a u Finskoj tek u drugoj polovini maja.

Osim na sazrevanje gonada, temperatura utiče i

Sl. 67. – Producija jaja vrsta *Lymantria dispar* (1), *Malacosoma neustria* (2), *Aporia crataegi* (3) i *Tineola bisselliella* (4) na različitim temperaturama
(modifikovano Schwerdtfeger, 1977)

na parenje. Negde je to rešeno partenogenezom, koja se javlja kod mnogih grupa životinja severne Zemljine polulopte na krajnjoj severnoj granici njihovog rasprostranjenja, ili na visokim planinama. Partenogeneza je jedno od rešenja za prevazilaženje teškoća u kopulaciji.

Tropske životinje prenete u umerena područja mogu da žive, ali ne i da se razmnožavaju, jer ne mogu da se adaptiraju. To je problem sa kojim se suočavaju zoološki vrtovi.

Temperatura sredine i razviće

Embrionalno i postembrionalno razviće, dijapauza (programirano mirovanje između dva razvojna stadijuma) i kviscens su takođe dirigovani temperaturom.

Svaka organska vrsta ima određene granice efektivne temperature za razviće. **Temperatura praga razvića** je donja temperaturna granica na kojoj se razviće obustavlja (odnosno počinje). Drugim rečima to je minimalna temperatura potrebna za početak razvića. Nju treba razlikovati od ekološke temperaturne nule na kojoj je razviće moguće, ali se ne odvija do kraja. Za različite razvojne stadijume ona je različita. Tako kod leptira metlice (*Loxostege sticticalis*) za jaja ona iznosi $11,2^{\circ}\text{C}$, za gusenice $9,6^{\circ}\text{C}$, za pronimfu $17\text{--}18^{\circ}\text{C}$, a za lutku $12\text{--}13^{\circ}\text{C}$. Vrednost temperature praga razvića zavisi od prethodne temperaturne aklimatizacije.

Temperatura sredine utiče na dužinu razvića. Matematički proizvod dužine trajanja razvića i efektivne temperature (viška temperature iznad temperaturnog praga razvića) je konstantan i zove se **termalna konstanta**. Ona izražava sumu topote koju treba da primi određeni razvojni stadijum (ili organizam za čitavo razviće) da bi se razvio, bez obzira na kojoj temperaturi boravi. Izražava se sumom dnevних temperatura u toku trajanja razvića. Termalna konstanta je karakteristika vrste. Ako znamo njenu termalnu konstantu možemo odre-

diti da li neku vrstu možemo uspešno gajiti u novom podneblju, i koliko generacija godišnje možemo očekivati. Uzročnik malarije, *Plasmodium* ne opstaje na severu Evrope, gde su temperature niske i nema uslova da dobije dovoljno energije da dovrši razviće.

Razviće pojkiloterama u suštini se odvija brže na višim temperaturama. Dejstvo temperature na razvoj pojedinih stadijuma je različito.*

Egdizis (presvlačenje, sl. 68) je veoma složen hormonalni proces kod zglavkaza, složeniji od bilo kojeg procesa u čoveku, a zavisi od temperature. Ako je temperatura nepovoljna, larva će uginuti.

Dijapauza postoji kako bi bilo sprečeno izleganje imaga uoči nepovoljnog perioda (npr. izleganje leptira pred zimu). Dijapauza može nastupiti i tokom embrionalnog razvića – jaje leptira prestaje da se razvija u jesen, u nekoj fazi gastrulacije i naproleće programirano nastavlja razvoj. Prisutna je i kod sisara:

u uterusu oplođene ženke se razvija embrion. Njegovo razviće je programirano na određeni broj dana u telu majke, na njenoj telesnoj temperaturi, kako bi se izbeglo rađanje u nepovoljno vreme.

Dijapauza može biti **hibernacija** (zimsko mirovanje) i **estivacija** (letnje mirovanje).

Temperatura utiče i na pojave za koje to ne bismo rekli, npr. na morfologiju (ciklomorfoza Rotatoria i Cladocera poput *Daphnia cucullata* na sl. 69; boja tela) i anatomiju (broj pršljenova u kičmi riba, broj muskula za njih vezanih, broj krljušti, pa i krvni sudovi). Pedesetih godina je u Italiji Pomini rentgenski proučio anatomiju svih populacija pastrmki i klasifikovao ih po broju pršljenova, na osnovu čega je izradio i kartu rasprostranjenja vrsta. Nikakve pravilnosti u distribuciji se nisu mogle uočiti. Do 1953. godine i drugi su tako radili. Međutim, onda je jedan danski naučnik pratilo u mrestilištu razviće riba od embriona. Voda menja temperaturu zavisno od dotoka, a on je konstatovao da broj pršljenova zavisi od temperature vode u tačno određenoj fazi razvića riba, konkretno 142. ili 143. dan.

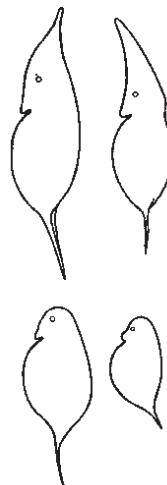
Temperatura sredine i ponašanje životinja

Temperatura sredine utiče na ponašanje životinja, njihovu aktivnost, dužinu života. Kod nekih ona ima jače dejstvo na povećano kretanje (**termotaksis**) nego svetlost. Tako neki skakavci bežeći od visokih temperatura odlaze u zemljište, što je, inače, potpuno atipično za njih.

Kenguri, kao i drugi sisari sa gustim dlakavim pokrivačem (krznom), svakodnevno ližu dlaku, ne samo da bi održali higijenu, nego i da bi taj termoizolacioni sloj održali u najboljem stanju. Licanjem prednjih ekstremiteta, gde su dlake kratke, kengur ih vlaži i time postiže željeno hlađenje u vrele dane. Ako usred dana kengur poželi da odrema, najpre će prednjim nogama kopanjem skinuti



Sl. 68. – Egdizis zrikavca
(foto Željko Milojević,
juli 2008., Stara planina)



Sl. 69. – Letnje (gore) i zimske (dole) forme *Daphnia cucullata* (prema Schwerdtfeger, 1977)

* Osim visine temperature, bitna je i njena dinamika tokom vremena. Za Carabidae (trčuljke) se zna da moraju proći hibernaciju da bi se razvili. Bela rada (*Bellis perennis*), neće cvetati u saksiji u sobi, jer traži da noću temperatura padne ispod 15°C. Nekim (ozimim sortama) žitarica neophodna je jarovizacija. U pitanju je fiziološko-biofizička evoluciona adaptacija organizma. Eksperimenti rađeni na insektima su takođe pokazali da normalna dnevna kolebanja temperature kod znatnog broja vrsta ubrzavaju razviće u odnosu na brzinu razvića u konstantnim temperaturnim uslovima. Primećeno je da su čak stimulativne i povremene temperature niže od praga razvića. Međutim nasuprot njima su vrste osjetljive na hladnoću, kojima niske temperature ne pomažu da se brže razviju. Takve su npr. kućna stenica i buba-brašnar *Tenebrio molitor*.

površinski pregrejani sloj tla na površini adekvatnoj veličini svog tela, pa tek potom leći, jer je zemlja ispod površine hladnija.

Aktivnost pojkiloterama je dirigovana dnevnim i sezonskim kolebanjima temperature. Ona u principu raste sa porastom temperature sredine. Domaća muva je slabo aktivna na 11°C, izrazito aktivna na 28°C, a na 40°C je u stanju razdraženosti.

Dnevno-noćni ritam aktivnosti pojkiloterama se ispoljava u predelima sa grubim variranjem temperature u toku 24 sata. Tako na peščanim dinama leti temperatura peska na površini iznosi 50–70°C, a preko noći se znatno spusti. Tamošnji stanovali, bauljari roda *Harpalus* i peščana uholaza *Labidura riparia* su osetljivi na visoku temperaturu, pa su aktivni samo uveče i noću. U jutarnjim satima njih postepeno zamjenjuju dnevni termofilni oblici insekata (ose Pompilidae, grabljevine muve Asilidae, bube-hitre Cicindelidae). U najvrelijim satima aktivni su samo peščarski mrav *Cataglyphus cursor* i ose kopačice iz roda *Bembex*.

Tihookeanska sardina *Sardinops melanosticta* sezonski migrira uz rusku obalu. Javlja se u jatima ukoliko je temperatura površinskih slojeva vode 8–10°C. Kada temperatura poraste iznad optimalnih 15–20°C, ona se povlači u dublje slojeve ili u hladnija područja.

I suvozemni pojkilotermi preduzimaju migracije tražeći podesnija staništa, npr. zimska skloništa uoči zime.

Zaključujemo da je **temperatura sredine jedan od osnovnih uzroka dnevno-noćne i sezonske dinamike aktivnosti životinja**.

Na osnovu izloženog možemo sledećom tabelom (tab. 6) ukratko pokazati forme termoregulacije koje su zastupljene u životinjskom svetu.

Tab. 6. – Oblici termoregulacije koje upražnjavaju životinje

Vrsta regulacije	Mehanizam regulacije	Regulacija	
		individualna	socijalna
ETOLOŠKA	<ul style="list-style-type: none"> • korišćenje okoline • gradnja gnezda i sl. 	<ul style="list-style-type: none"> • menjanje mesta • položaj tela (helioregulacija) 	<ul style="list-style-type: none"> • kolektivno mahanje • građenje gnezda
MORFO-FIZIOLOŠKA	<ul style="list-style-type: none"> • menjanje oblika tela i boje 	<ul style="list-style-type: none"> • držanje tela • menjanje boje 	<ul style="list-style-type: none"> • izolacija • orijentacija • ventilacija
FIZIČKA	<ul style="list-style-type: none"> • provetrvanje • isparavanje 	<ul style="list-style-type: none"> • mahanje • znojenje • disanje 	<ul style="list-style-type: none"> • mahanje • unos vode
HEMIJSKA	• metabolizam	• sagorevanje	• sagorevanje

Na kraju, ne sme se zaboraviti da temperatura ne dejstvuje na organizme kao samostalan faktor, već u sadejstvu sa ostalima, pogotovo drugim klimatskim faktorima (svetlost, vlažnost, vazdušna kretanja i dr.).*

* El Ninjo (El Niño) je fenomen savremenih klimatskih poremećaja u okeansko-atmosferskom sistemu u tropskom delu Tihog okeana, koji znatno utiče na vreme i klimu u svetu. Uzrokuje ga snažno zagrevanje okeanske vode sa obe strane ekvatora, u centralnom i istočnom delu Tihog okeana, kao i vazduha iznad vode. Topli vazduh se podiže i bogati vodenom parom, noseći velike količine padavina. To dovodi do poplava u oblasti Perua, Ekvadora i na jugu SAD. Nasuprot tome u Indoneziji, Australiji i okolnim zemljama nastaju suše. U normalnim uslovima, kada nema El Ninja, vetrovi nad okeanom duvaju od centralne oblasti ka zapadu. Za vreme El Ninja oni slave. Ova kretanja velikih vazdušnih masa su uzrok toplih i hladnih faza poznatih kao El Niño (šp. – dečak) i La Niña (devojčica).

Naučna saznanja pokazuju da ova pojava traje već hiljadama godina. Prvi zapis datira tek oko Božića 1567. godine, u ekvatorijalnim vodama Perua, kada je i dobio ime. Od tada počinje njegovo praćenje. Poslednjih godina El Ninjo je predmet izuzetnog interesovanja meteoroloških organizacija, agencija i servisa u svetu. Razlog je u razornim posledicama ovog fenomena (šteta u agroindustriji i ribarstvu tokom zime i proleća 1982–1983. godine je iznela 10–12 milijardi dolara).

El Ninjo kod nas: Prema meteorološkim podacima opservatorije Beograd, zima 1997–98. je imala srednju temperaturu vazduha 5°C, samo šest ledenih dana i bila najtoplja zima za poslednjih 110 godina.

Vlažnost životne sredine kao ekološki faktor

Voda je neophodan uslov života na Zemlji.

Ona je veoma važan konstitutivni element organizama. U proseku, voda predstavlja 50% telesne mase živih bića, ali ima i takvih poput dupljara rebronoše Venerinog pojasa (*Cestum veneris*, sl. 70) koji sadrži čak 99% vode, meduze ušati šešir (*Aurelia aurita*) sa 97,9% vode, punogradavaca žaba (preko 84%). Relativno mirujuće ćelije semenki, spora, lišajeva u anabiozi i sl. sadrže 5-15% vode.

Voda je univerzalni rastvarač, nosilac svih metaboličkih procesa (fotosinteze, varenja, transporta materijala između tkiva, ekskrecije i dr.). Održavanje stalnosti unutrašnje sredine organizama, tj. voden balans živih bića, je direktno zavisao od vodenog režima staništa.

Voda je i životna sredina za mnoge organizme. Oni nemaju problem da se snabdeju vodom, ali su morali da se adaptiraju na usvajanje kiseonika, a vodene biljke i na primanje CO₂, rastvorenih u vodi. Slatkovodni organizmi imaju i problem zbog razlike u koncentraciji vode u spoljašnjoj i svojoj unutrašnjoj sredini, pa moraju stalno da ispumpavaju višak vode koja prodire unutra. Jednoćelijskim organizmima u te svrhe služe specijalne organe – kontraktilne vakuole.

Odnos primljene i izgubljene vode za organizam predstavlja **vodni balans**. Organizam se adaptira na primanje i odavanje vode. Poremećen vodni balans može dovesti do porasta mortaliteta, naročito kod zglavkara u dijapauzi. Homeotermi su osjetljiviji na poremećaj balansa usled većeg gubitka vode. Pojekilermi su tolerantniji. Suvozemni (kopneni, terestrični) organizmi imaju potrebu da sačuvaju pozitivan vodni balans, jer ako bi više vode gubili nego što primaju, neminovno bi uginuli.

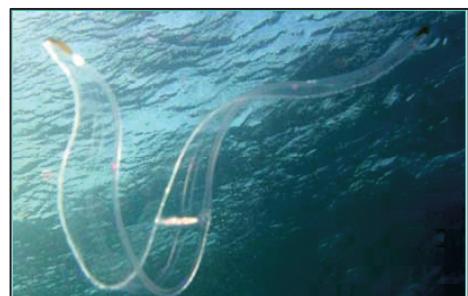
Bakterije i gljive su **pojkilohidrični** organizmi.

Biljke od ukupne primljene (korenom usisane) vode za sintezu materija koriste svega 0,5%, a ostatak odaju **transpiracijom** (isparavanjem kroz stome na naličju listova i kroz kutikulu). **Transpiracioni koeficijent** pokazuje koliko vode iz biljke ispari dok ona sintetiše 1 g suve materije, a **intenzitet transpiracije** koliko se grama suve materije proizvede po 1 kg transpirisane vode.

Na osnovu zavisnosti količine vode u telu i okolnoj sredini kopnene biljke se dele na **pojkilohidrične** (alge, lišajevi i mahovine), kojima količina vode u telu i intenzitet metabolizma varira adekvatno vlažnosti u spoljašnjoj sredini, a vodu primaju i odaju čitavom površinom i **homeohidrične** ili **izohidre** (prave više biljke), koje vodu usisavaju iz podloge korenovim sistemom, odaju preko listova, a ukupna količina vode u telu se ne menja bitno, tj. ne zavisi od vlažnosti sredine.

U uslovima velike vlažnosti, korenov sistem biljaka je slabije razvijen, dok u pustinji može prodirati i 20 m u dubinu (poput korena čudnovate biljke *Welwitschia mirabilis*, sl. 71).

Ako je suša, korenske ćelije povećavaju usisnu snagu (imaju visoki osmotski pritisak) i tako savladavaju **fizičku sušu**. Ukoliko u zemljištu ima vlage, ali je ona nedostupna korenskim dlačicama (zbog niske temperature, mraza, ili je u vodi isuviše rastvorenih soli ili toksina), u pitanju je **fiziološka suša**.



Sl. 70. – Venerin pojasi
(*Cestum veneris* Lesueur, 1813)
(<http://countrytravels.ru/giganti-i-karlichi/300-morskie-obitateli.html>)

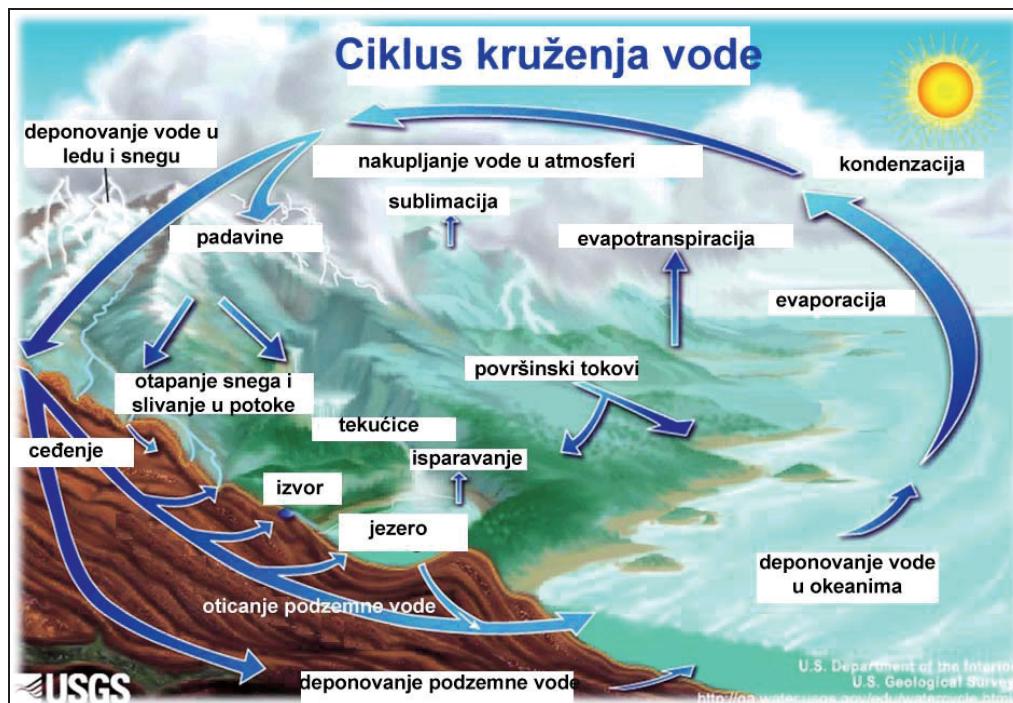


Sl. 71. – Pustinjska biljka
Welwitschia mirabilis
(<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/18227.jpg>)

Vlažnost vazduha i zemljišta kao životnih sredina

Vodni režim kopnenih biotopa čine vlažnost vazduha i voda zemljišta.

Vodena para je uvek prisutna u vazduhu u izvesnoj količini u vidu oblaka, magle itd. (sl. 72). Njena količina zavisi od temperature vazduha i vazdušnog pritiska. **Apsolutna vlažnost vazduha** je broj grama vode u 1 m^3 vazduha. **Relativna vlažnost vazduha** predstavlja broj grama vode u vazduhu, ali izražen u procentima u odnosu na maksimalnu količinu vlage koju vazduh može sadržati na dатој temperaturi i pritisku.



Sl. 72. – Ciklus kruženja vode (modifikovano: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>)

Zemljište vodu prima iz atmosfere, kao padavine, a gubi isparavanjem, ceđenjem, oticanjem (sl. 72) i transpiracijom biljaka.

Apsorbujući vodu iz tla, biljke unose i neophodne mineralne materije. **Ocedljiva (gravitaciona) voda** ispunjava široke, nekapilarne pore u zemljištu, ili otiče površinski. U sitnjim, kapilarnim porama je **kapilarna voda**, koja se silom površinskog napona drži iznad nivoa podzemne vode. Upravo ona je najvažnija za kopnene biljke. **Oprena (adsorptivna) voda** se, zahvaljujući silama molekularnog privlačenja, drži oko čestica zemljišta, i samo delimično je pristupačna biljkama. Količina vode koja ostaje u zemljištu kao nedostupna biljkama je **mrtva rezerva vode** ili **koefficijent venjenja**.



Sl. 73. – Žitni žižak

Sitophilus granarius (L.)

(<http://www.cmis.csiro.au/mediapix/IMPPestDatabase0402/BE0397.jpg>)

Voda se iz spoljašnje sredine uzima upijanjem iz tla, što se biljaka tiče, odnosno pijenjem i preko hrane (lišća, korenja, sokova biljaka, sluzavih gljiva Mixomyceta, telesnih tečnosti plena i dr.) kod životinja. Mnoge pustinjske i polupustinjske životinje koriste noćnu kondenzaciju pare u kapi rose da utele žeđ. Mogu i životinje površinom tela da upijaju vodu iz spoljašnje sredine. Tako su, npr. zaštitne opne oko jaja podeljene na higroskopne, hidrofobne i propusne

za gasove, jer jaje, ma koliko obavijeno horionom, mora disati i transpirisati (gubiti vodu), što bi moglo da dovede do njegovog isušivanja. Međutim, opne izgrađene od seroproteina, aktivno uvlače vodu i predaju je embrionu, pa do isušivanja ne dolazi. Naprotiv, merenjem jaja iz dana u dan se konstataje porast mase, što je posledica vezivanja vode. Čitava grana ekologije se posvetila metabolizmu embriona na stadijumu jajeta.

Inače, u organizmima postoji i metabolička voda. Neki organizmi imaju razrađene biohemijske (metaboličke) puteve za sintezu vode. Žitni žižak (*Sitophilus granarius*) (sl. 73) živi u suvom zrnu, i kao larva, upravo zahvaljujući tome. Mnoge pustinjske životinje (uglavnom gušteri) takođe ovako delimično nadoknađuju deficit vode.

Mnogi insekti ožive u vlažnoj atmosferi, nakon što su suvi period proveli u anabiozi. Crvoliki organizmi iz filuma Tardigrada se uvuku u jednu granulicu, izgube 70 i više procenata vlage, i čak deset godina mogu tako preživeti, čekajući da dospeju u vlažnu sredinu. Suvozemni puževi se, kada je suša, uvuku u kućicu, i zatvore ulaz krečnjačkom membranom, a kada padne kiša "nabubre" punеći rezerve.

U pogledu zahteva prema vlažnosti sredine organizmi se uopšte mogu podeliti na:

- **kserofilne** – prilagođeni na oskudicu vode;
- **mezofilne** – žive u umereno vlažnim uslovima;
- **higrofilne** – prilagođene na sredinu sa viškom vode; i
- **hidrofilne** – vodene (o njima će biti govora kasnije).

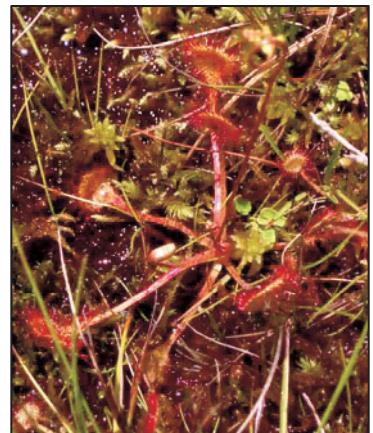
Pošto je vlažnost staništa povezana sa drugim ekološkim faktorima, prilagođenost jednom vodnom režimu odražava i prisustvo svetlosti i temperature u tom staništu (tako su npr. aridna staništa obično dobro osvetljena i veoma topla, pa su kserofili istovremeno i heliofili i termofili).

Kserofilni organizmi imaju niz adaptacija (morpholoških, fizioloških i etoloških) na manjak vode u sredini.

Morphološke adaptacije su u vidu površinskog oklopa, voštanih i masnih prevlaka koje sprečavaju gubitak vode, zadebljale kutikule, trnova, dlaka (obezbeđuju mikrosferu koja sprečava jaku evaporaciju), specijalne pigmentacije telesnog pokrivača, posebne grade tela. Stome na naličju listova biljaka i traheje kopnenih zglavkara su otvorene, tankih zidova, ali su stigme (trahejalni otvori) uvučene dublje u telo, imaju neke zatvarače ili su okružene dlakama.

Kseromorfnost listova se manifestuje smanjenjem veličine ćelija, debljom kutikulom, debelim ćelijskim zidovima, razvijenijim palisadnim u odnosu na sunđerasto tkivo, gustom nervaturom, velikim udelom mehaničkog tkiva, velikim brojem sitnih stoma, velikim osmotrim skim pritiskom u ćelijama.

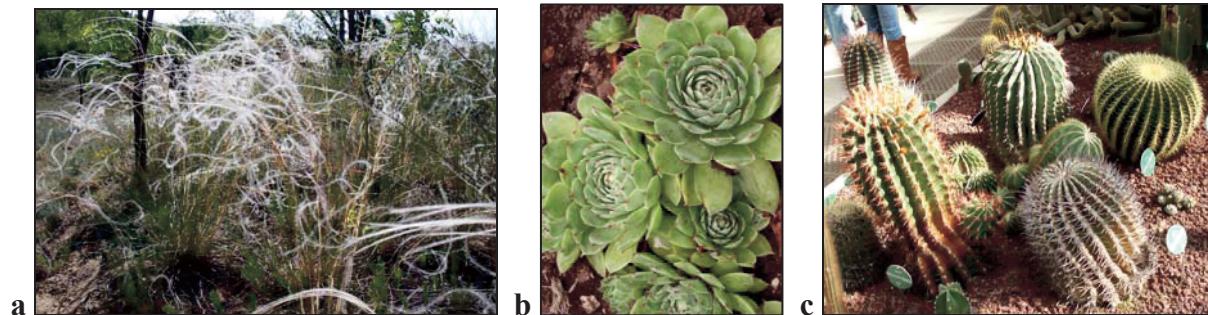
Kserofite (biljke suše) imaju dva rešenja: jedno je održavanje visokog sadržaja unutrašnje vode (imaju razvijenije podzemne organe u odnosu na nadzemne; brzu cirkulaciju tečnosti kroz tkiva; smanjenu transpiracionu površinu; velike rezerve vode u telu), a drugi je otpornost na dehidrataciju (visok osmotski pritisak i sposobnost da izgube dosta vode, ne uginu, a mogu ponovo da ožive čim dobiju vodu). U kserofite ubrajamo nekoliko eko-tipova biljaka: **eukserofite** (prilagođene uslovima fizičke suše), **hemikserofite** (izdržavaju duge periode fizičke suše), **kserofite koje izbegavaju sušu** (preživljavaju kao seme ili podzemni organi), **psihrofite** (prilagođene fiziološkoj suši u hladnim i vlažnim staništima poput tundre), **kriofite** (prilagođene fiziološkoj suši u hladnim suvim staništima poput kamenitih tundri), i **oksilofite** [žive u visokim tresavama gde je hladna voda i visoka kiselost; tu spadaju i rosulja (*Drosera*, sl. 74) i *Pinguicula* (slika uz naslov poglavlja), koje su insektivore biljke].



Sl. 74. – Oksilofita kserofita
– rosulja (*Drosera* sp.)
(foto S. Pešić, juli 2009,
Stara planina)

Eukserofite mogu biti sklerofite ili sukulente.

Sklerofite (sl. 75) imaju brojne periferne kseromorfne zaštite (npr. sprečena kutikularna transpiracija; visok osmotski pritisak; moćan koren; sitni, čvrsti listovi sa višeslojnim epidermisom čije ćelije imaju zadebljale zidove), pa mogu da izgube i 25% vode, a da ne uginu. Takvi su od večno zelenih biljaka: oleander, hrast plutnjak, hrast prnar, limun, lovor, maslina, mirta, halepski bor, čempres, crni bor, kleka; zatim npr. majkina dušica, žalfija, lavanda, hriantema, hrastovi sladun i cer i dr. od listopadnih; kovilje (sl. 75a) od višegodišnjih trava; efedra (sl. 26a) i žukva od afilnih*.



Sl. 75. – Eukserofite: a – sklerofite , b i c – sukulente

(foto S. Pešić: a – Deliblatska peščara, maj 2009.; b – terenska nastava; c – Botanička bašta u Madridu, novembar 2008.)

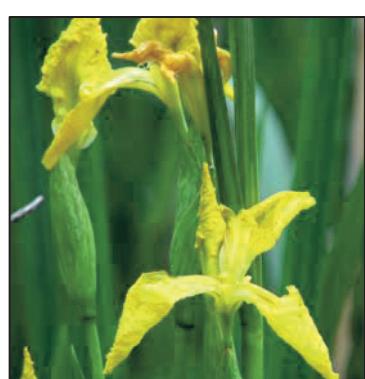


Sl. 76. – Evropska bukva
(terenska nastava,
Stara planina, maj 2010.)

Sukulente ostaju aktivne i za vreme najjače suše zahvaljujući ograničavanju i stomaterne transpiracije (stome otvaraju samo noću pri čemu nakupe CO₂ za dnevnu fotosintezu), metamorfozi stabla ili listova [aloja, agava, čuvarkuća (sl. 75b)] u debele sočne organe gde magaciniraju mnogo vode (čak do 95% mase tela), a kojima obavljaju fotosintezu. Stablim sukulentama su listovi preobraženi u bodlje ili dlake [kaktusi (sl. 75c), mlečike]. Korenov sistem sukulenata je površinski i veliki, kako bi brzo upio što više vode u vlažnom periodu ili pri pljuskovima.

Mezofite biljke raspolažu serijom prilagođenosti na uslove umerene vlage: osmotski pritisak max. 20-25 atmosfera, listovi su veliki i pljosnati, umereno debeli, meki, sa umereno razvijenim pokrovnim tkivom, manje (ali krupnijih) stoma nego sklerofite. Postoji više tipova mezofita: večno zelene (mezofite tropskih šuma), zimi zelene listopadne (monsunske listopadne šume), leti zelene listopadne drvenaste [većina drvenastih vrsta umerene zone – bukva (sl. 76), javor, lipa, grab, jasen, zova, breza i dr.], leti zelene višegodišnje listopadne zeljaste (višegodišnje trave), efemere i efemeroide (sase, dimnjače i dr.).

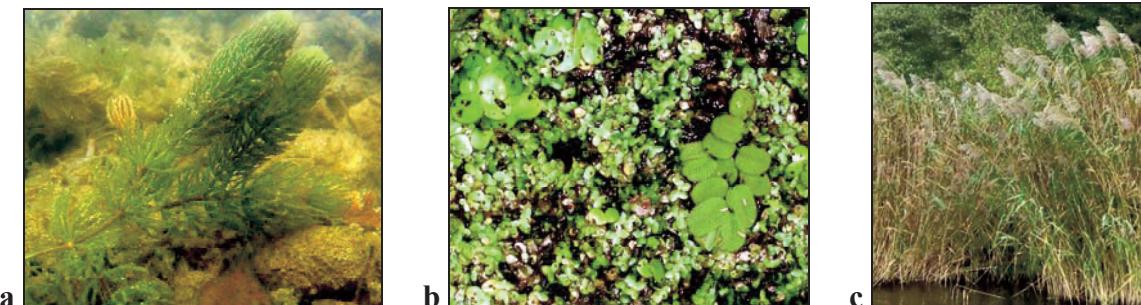
Higrofite su kopnene biljke na veoma vlažnim staništima. Neotporne su na sušu. Dele se na šumske (u tropskim i šumama umerene zone) i higrofite otvorenih staništa (Sl. 78). Listovi šumske higrofite su veoma tanki, od samo nekoliko slojeva ćelija. Koren ovih biljaka je u anaerobnim uslovima, pa je čitava biljka prožeta intercelularima i vazdušnim šupljinama (aerenhim), kojima struji vazduh iz atmosfere sve do korenovog sistema i tako provetrava i njegova tkiva.



Sl. 77. – Higrofita
Iris pseudacorus L. (terenska
nastava, Carska bara, maj 2010.)

* Biljke koje u suši zbacuju listove, a fotosintezu tada preuzimaju mladi zeleni izdanci.

Hidrofite (sl. 78) žive u vodi. Listovi su im malog obima, obično končasti, a lisna površina velika da bi upila što više svetlosti. Česta je pojava heterofilije (listovi u vazduhu i vodi su sasvim različiti). Korenov sistem je redukovani. I ove biljke imaju brojne intercelulare. Pošto je vegetacioni period u vodi kraći nego u okolnim kopnenim biotopima, hidrofite se većinom razmnožavaju vegetativno. Dele se na **submerzne**, **flotantne** i **emerzne** (amfibijске ili heliofite). Submerzne su potpuno potopljene u vodi (izuzev cvetova kod nekih): drezga *Ceratophyllum demersum* L., resina, vodena kuga i dr. Flotantnim biljkama neki listovi i delovi stabljike štrče iz vode ili plutaju na površini [lokvanji beli i žuti, vodeni ljutić, žabogriz, vodena paprat (sl. 78b), mala sočivica (sl. 78b) i dr.]. Emerzne biljke imaju veći deo iznad vode [trska (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) (sl. 78c), šaš, srčak, keka i dr.].



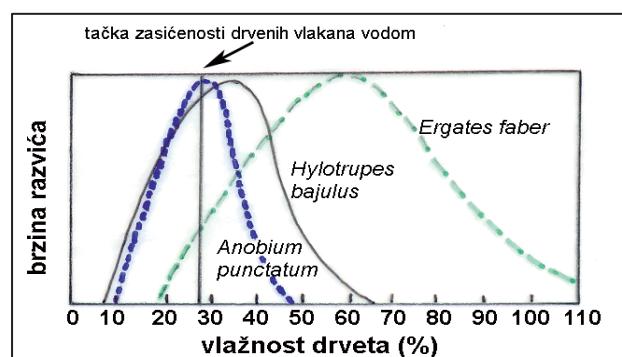
Sl. 78. – Hidrofite: a – submerzna (*Ceratophyllum demersum* L.),
b – flotantne (sočivice *Lemna minor* L. i *L. gibba* L. i vodena paprat *Salvinia natans* L.)
i c – emerzna [trska *Phragmytes australis* (Cav.) Trin. ex Steud.]
(<http://flora.nhm-wien.ac.at/Seiten-Arten/Ceratophyllum-demersum.htm>; b i c – foto S. Pešić, Zasavica, juli 2007)

Fiziološki su kserofilni organizmi podešeni da maksimalno štede vodu. Npr. fekalije krompirove zlatice (koja je mezofil) su žitke, a žitnog žiška čvrste, jer mu je crevni sistem podešen tako da se bolus (svarena hrana iz koje je već resorbovano sve što je organizmu potrebno) zadrži u zadnjem delu creva sve dok se voda iz njega ne resorbuje natrag u organizam. Ekskrecija je rešena tako što se mokračni materijal prevodi u vodi nerastvorno stanje i izlučuje zajedno sa fekalijama.

Sukulentne biljke, ograničeni prijem CO₂ iz spoljašnje sredine tokom dana (zbog zatvaranja stoma da ne bi izgubile isuviše vode transpiracijom), nadoknađuju fiziološkim rešenjem procesa disanja, tako što tokom noći organske materije oksidišu samo do stupnja organskih kiselina, a danju se razgradnja nastavlja i oslobođeni CO₂ ne ispušta, nego odmah uključuje u fotosintezu.

Što se **etologije** tiče, mnoge leteće životinje preuzimaju čitave migracije zavisno od dinamike vlažnosti. Npr. mačke se "umivaju" i čiste prednevreme, jer im se zbog elektriciteta kostreši dlaka. Laste predkišu lete nisko, jer atmosferski pritisak raste.

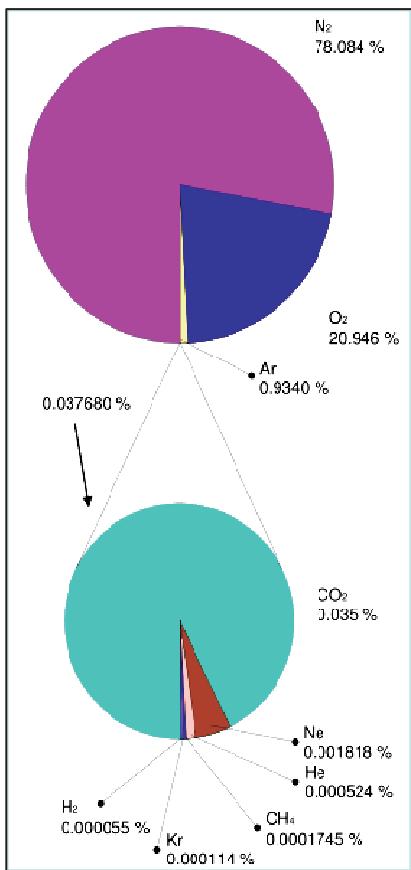
U zemljištu glavnu ulogu ima voda vezana u kapilarnim cevčicama. Vlažnost zemljišta zavisi od tipa zemljišta, njegove strukture (odnosa gline i peska), evaporacije, tektonike, ekspozicije, biljnog pokrivača i mnogih drugih faktora. U našim klimatskim uslovima oscilacije vlage u zemljištu su izražene. To dovodi do velikih oscilacija brojnosti populacija zemljišnih organizama. Stopa njihovog nataliteta i mortaliteta zavise od vlažnosti. Vlažnost i temperatura tla u zimu i proleće su dobar indikator da li će se populacije štetnih insekata razviti u masi, jer su oni limitirajući faktori za njihovo razviće.



Sl. 79. - Brzina razvića larvi *Hylotrupes bajulus*, *Anobium punctatum* i *Ergates faber* zavisno od vlažnosti drveta u kojem se razvijaju.
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1977)

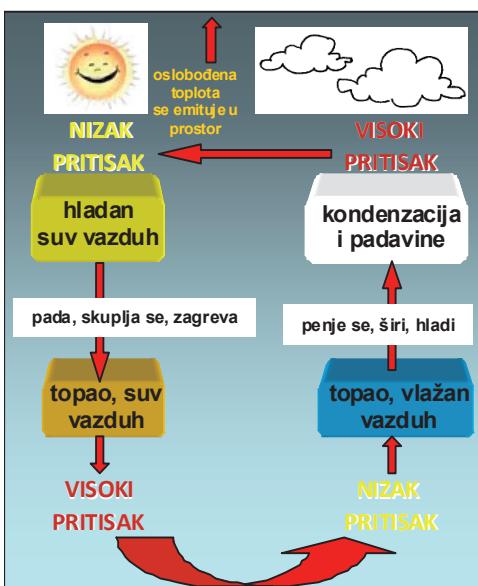
Vlažnost zemljišta se može lako pratiti tokom leta. Naime, i na livadi, i u šumi neka mesta duže zadržavaju vlagu. Tu se agregiraju organizmi zavisni od vlage. Kada padne kiša, ti organizmi se opet distribuiraju po celoj površini, u stara staništa.

Osetljivost na vlažnost sredine nije ista kod svih vrsta, a ni u okviru iste vrste za njene različite uzrasne stadijume, mužjake i ženke, nahranjene i gladne itd. Brzina razvića larvi ksilofagih insekata razlikuje se od vrste do vrste i zavisi od vlažnosti drveta kao supstrata u kojem one žive (sl. 79). Boja skakavaca i stenica zavisi od stepena vlage u sredini u određenom periodu njihovog života.



Sl. 80. – Hemijski sastav vazduha

(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Atmosphere_gas_proportions.svg)



Sl. 81. – Postanak vetrova
(na osnovu Miller, 2007)

Vazduh kao životna sredina i vazdušna strujanja (vetrovi) kao ekološki faktor

Vazduh u vidu višeslojnog omotača (atmosfere) obavlja planetu Zemlju (sl. 46).

Vazdušnu sredinu koriste ptice i leteći insekti, ali samo kao sredinu kroz koju se kreću, a ne borave permanentno (nevezani za neku podlogu). Najveća gustina organizama u preletu je do 150 m iznad tla (neki organizmi ponekad dospeju do 5 km). Retki su organizmi na 10 km od tla. Ostatak atmosfere je bez živih oblika, jer su uslovi za život nemogući (sl. 46).

Vazduh na živa bića deluje preko hemijskog sastava, pritiska i cirkulacije (kretanja).

Hemijski gledano, vazduh (iznad tla) od gasova zapreminski sadrži oko 21% kiseonika (gasa neophodnog za život većine vrsta), oko 78% azota (koji je prilično inertan i uključuje se samo u pojavama azotofiksacije od strane specijalizovanih mikroorganizama) i 1% ostalih gasova (CO₂ i inertni gasovi pretežno, ali u industrijskim i urbanim zonama i SO₂, H₂S, NH₃, CO, NO₂ i dr.) (tab. 1, sl. 80).

Osim gasova, u vazduhu redovno ima vodene pare i prašine, a iznad urbanih i industrijskih zona i čadi.

U normalnim okolnostima u vazduhu ima 0,035% CO₂. On je jedan od osnovnih resursa za fotosintezu. Utvrđeno je da intenzitet fotosinteze više zavisi od koncentracije CO₂ nego od osvetljenja.

U šupljinama zemljišta vazduh je drugačijeg hemijskog sastava.

Osetljivost biljaka prema otrovnim gasovima nije jednaka. Lišaji su veoma osetljivi, pa mogu da se koriste kao indikatori čistoće vazduha. Od četinara je najosetljivija jela (*Abies alba*), pa smrča i bor, a od lišćara klen, lipa, jorgovan i breza.

Biljke svojim izlučevinama (*fitoncidima*) mogu da utiču na hemijski sastav vazduha, što se oseća kao miris.

Povišeni sadržaj prašine i vodene pare dovode do smanjenja prozračnosti vazduha i utiču na menjanje sastava svetlosti, jer se smanjuje količina IC zraka.

Vazdušni pritisak, a pogotovo njegove promene, ima veoma bitan uticaj na stanje i ponašanje živih bića. U pogledu tolerancije promena vazdušnog pritiska organizmi mogu biti **stenobari** ili **euribari**. Vazdušni pritisak je u neposrednoj vezi sa nadmorskom visinom. Usled različite zagrejanosti i pritiska, dolazi do premeštanja vazdušnih masa putem **vazdušnih strujanja (vetrova)** (sl. 81).

Globalna cirkulacija vazduha (tzv. «Koriolisov efekat») je posledica rotiranja Zemlje oko sopstvene ose (sl. 82). To su stalni vetrovi. Inače, vetrovi mogu biti stalni (pasati, antipasati, zapadni i polarni), periodični (vetrovi sa mora, sa kopna, dolinski, gorski), povremeni (slapoviti, tj. duvaju na mahove: fen, bura, košava) i lokalni (jugo, maestral, vardarac).

Vetrovi mogu direktno uticati na živa bića.

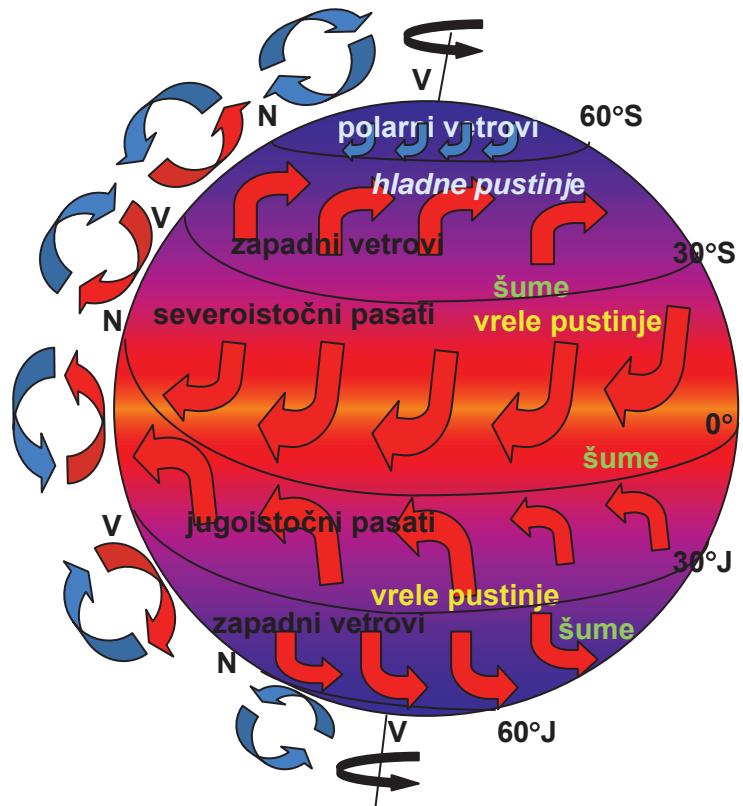
Vetrovi su odlučujući faktor klime nad otvorenim područjima (mora, prostrane ravnice, tundre) i visokim planinama.

Što se biljaka tiče, vazdušna strujanja jako utiču na povećanje transpiracije, a nezamenljiva su kod anemofilnog oprašivanja cvetnica i rasejavanja semena anemohornih biljaka. Na mestima gde duvaju stalni vetrovi, drveće ima formu zastave. Na gornjoj šumskoj granici rastu žbunovi jastučaste forme, a u pustinjama, stepama i polustepama loptasti, neukorenjeni, koje vetar lako kotrlja.

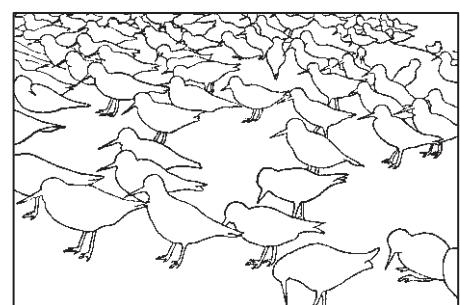
Vetar ima i direktni uticaj na životinje. Npr. neki pauci mogu okačeni na jednom kraju paučinastog konca, nošeni vетrom preleteti (tzv. „bablji let“) čak i rastojanja između dva ostrva. Pri letenju ptice koriste vazdušne struje. Ptice nikada ne okreću leđa vetu, već glavu, kako im ne bi bilo zadignuto perje (sl. 83) i telo rashlađeno. Ptice koje jedre [sup, orao, kondor, soko, vetruška (sl. 84) i dr.] koriste vazdušne mase da bi lebdele na odgovarajućoj visini sa koje uočavaju plen ili osećaju miris lešine.

Mnoge sitne životinje (puževi, pseudoškorpije, grinje i dr.) bivaju prenete na otkinutim grančicama i listovima koje vetrovi nose (anemohorna forezija). Slično mnogi "taksiraju" leteće životinje zakačivši se za njih. Ovaj način transporta se zove zoohorna **forezija**.

Jezera u Evropi imaju slične faune, jer, iako su prostorno udaljena i bez fizičkog kontakta (npr. Ženevsko i Skadarsko), ipak imaju neku gensku razmenu. Kako? Vazdušnim strujama se prenose jaja, ciste, larve i drugi sitni oblici, a i forezijim posredstvom ptica selica (roda, čaplji, pataka, gusaka i dr.) na plovnim kožicama, u perju i između prstiju. Tako se ujednačuju faune većine evropskih jezera i onemogućava da



Sl. 82. – Koriolisov efekat (Koriolisova sila) i stalni vetrovi: V – polje visokog, N – polje niskog pritiska
(modifikovano: Miller, 2007)



Sl. 83. - Orientacija u susret vetu

ona krenu sopstvenim evolucionim putevima formiranjem novih vrsta.

Poznate su vrtložne vazdušne struje koje usisavaju materijal sa jednog područja, pa onda padaju npr. „krvava“ kiša (od saharskog peska), kiša riba, kiša žaba i sl. Takve orkanske struje mogu preneti životinje iz jednog u drugi kraj. Tako u Englesku dospevaju neke američke vrste. Mnoge vrste leptira, kojih kod nas ima samo leti, ovde dospevaju iz Engleske i Francuske. Oni svake godine prelaze ogromni put, čak ovde uspevaju i da snesu jaja, ali ona ne prezive. U Iranu i Libanu zimi boravi leptir kupusar, ali uglavnom u stadijumu gusenice, jer su leti tamo velike suše, pa poslednja generacija gusenica propada i nema odraslih leptira. Najesen opet iz Turske doleću adulti leptiri, ali se iz navedenog razloga ne održe do narednog leta.



Sl. 84. – Vetruska

Falco tinnunculus L.

(<http://www.wild-serbia.com/forum/viewtopic.php?f=14&t=56>)

Sve životinje svoje aktivnosti baziraju na mirisnim informacijama. **Mirisne informacije** se prenose vazdušnim (ili vodenim, za akvatične vrste) strujanjima. Vazdušna strujanja utiču na susretanje i međuodnose jedinki u populaciji. Naime, vazduhom se prenose lako isparljive materije - **feromoni**, koje su vid hemijske komunikacije između jedinki iste vrste (drže ih na okupu), ili su upozorenje na granice sopstvene teritorije. Mravi, npr., nemilosrdno ubijaju zalutalog pripadnika drugog mravinjaka. Pčela se prima u novo društvo tek pošto preda skupljeni nektar i polen i poprimi miris novog društva. Ako su u

pitanju seksualni feromoni, onda vazdušne struje utiču na izbor partnera i sparivanje.

Osim direktnog uticanja na živi svet, vazdušna strujanja mogu menjati druge parametre klime (vlažnost, temperaturu), a **desikacijom** (isušivanjem) tla i sastav flore i faune. Ovim posrednim putem vazdušne struje indirektno utiču na razmnožavanje i stopu nataliteta, a mogu doprineti diferencijalnom mortalitetu.

Klimatska pravila

Zajedničko dejstvo klime na životinjske vrste se ogleda u određenim morfološkim promenama u okviru geografskih varijacija iste ili srodnih vrsta (tzv. klinama). Te adaptivne promene kod homeoterama se mogu jasno izraziti kroz tri osnovna klimatska pravila.

Bergmanovo pravilo (Karl Georg Lucas Christian Bergmann, 1814–1865). – Predstavnici srodnih homeotermnih vrsta koji žive u hladnim oblastima su skoro uvek krupniji (veće telesne mase) od onih koji žive u toplijim oblastima (sl. 85). Ovo se može dovesti u vezu sa površinskim pravilom u fiziologiji, po kome je odavanje toplove homeoterama pri istoj spoljašnjoj temperaturi srazmerno površini tela (krupniji organizmi odaju više toplove).



Sl. 85. – Bergmanovo i Alenovo pravilo: a – pustinjska lisica, b – evropska lisica i c – polarna lisica
(a – [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Fennec_Fox_\(Vulpes_zerda\)_Wilhelma_Zoo-8.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Fennec_Fox_(Vulpes_zerda)_Wilhelma_Zoo-8.jpg),
b – sa terenske nastave 2007., c – http://singkorn.diaryclub.com/images/20090423_ff04.jpg)

Na severnoj polulopti Zemlje severne rase su krupnije od južnijih. Na Aljasci žive najkrupniji predstavnici severnoameričkih zeba, lasta, zečeva, lisica, medveda i jelena. Verovatno je uzrok u usporenom rastenju i kasnijem polnom sazrevanju usled niže spoljašnje temperature.

Homeotermne životinje krajnjeg severa (npr. polarni medved, sl. 86) su generalno krupne, što u odnosu na masu znači manju površinu tela, odnosno manje odavanje toplove. Za

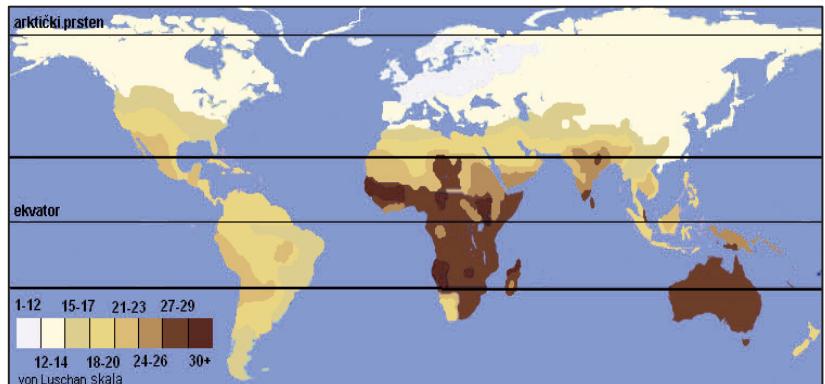
razliku od njih stanovnici stepa, polupustinja i pustinja, su mahom sitni (mišoliki), jer moraju da odaju mnogo topote, pošto (zbog intenzivne insolacije) mnogo i primaju.

Bergmanovo pravilo ne važi za pojkiloterme. Čak naprotiv, najkrupniji vodozemci i gmizavci žive u tropskim i suptropskim krajevima.

Alenovo pravilo. – Američki zoolog Alen (Joel Asaph Allen) je 1876. godine definisao drugo klimatsko pravilo. Po njemu kod rasa toplokrvnih životinjskih vrsta ili srodnih vrsta koje žive u hladnim predelima postoji tendencija skraćivanja isturenih delova tela, naročito ušnih školjki, repa, vrata i udova u odnosu na ostatak tela. Svakako da je opet u pitanju tendencija smanjenja telesne površine stanovnika hladnih predela radi što manjeg gubljenja topote, pošto istureni delovi emituju više telesne topote, pa nisu „poželjni“ u hladnom okruženju, ali su veoma korisni u toploj sredini. Npr. uporedene polarna *Alopex lagopus* (L.) i pustinjska lisica *Vulpes zerda* (Zimmerman, 1780) pokazuju sledeće razlike: polarna je više „lopasta“, sa zaobljenim ušnim školjkama, ima gusto krvno; afrička, pak, ima duge i šiljate uši, rep i krvno su slabije odlakani (sl. 85). Aленова ideja je mnogo kritikovana, pošto postoje i brojne druge adaptacije na hladnoću, koje su, verovatno, važnije, tj. efikasnije (poput masnih naslaga, perja, krvna i ponašanja).



Sl. 86 – Polarni medved
(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Polar-bear.jpg>)



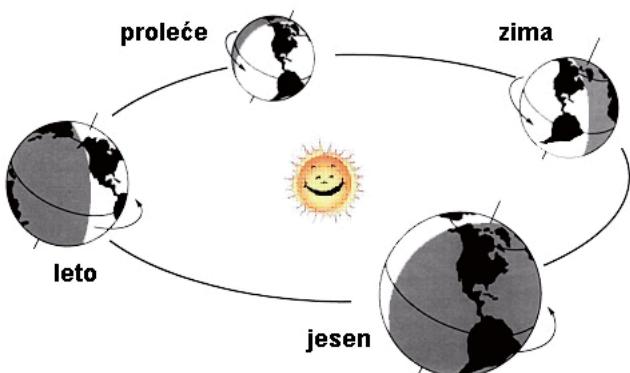
Sl. 87. – Raspored feomelaninske pigmentacije kože ljudi u svetu
(modifikovano:

http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_crom%C3%A1tica_de_Von_Luschan

Glogerovo pravilo

(Constantin Wilhelm Lambert Gloger, 1833. godine).

– Intenzitet **melaninske pigmentacije** kod homeoterama raste sa temperaturom i vlažnošću, a opada paralelno sa opadanjem temperature, i u ekstremnim slučajevima (polarne oblasti) potpuno iščezava (bela boja). Pravilo važi i za boju ljudske kože (sl. 87). Beli medved (sl. 86), nastanjen oko Severnog pola Zemlje, je beo (melaninska pigmentacija je umanjena). Uopšte u hladnim predelima prisustvo feomelanina u telesnom pokrivaču je redukovano. Suvoga (aridnost) klime, kombinovana sa visokom temperaturom, automatski povlači zamenu tamnog eumelanina crvenkastim ili žućkastomrkim feomelaninom (to je tzv. pustinjska boja). Mrka boja (eumelaninska) preovlađuje u toplim i vlažnim oblastima. U suptropskim krajevima dominira „pustinjska boja“ (crvenasta ili žućkastomrka). U stepama, u predelima gde je niža temperatura i izražena aridnost, preovlađuje siva ili sivomrka boja. Tako se npr. ista vrsta ptice senice (rod



Sl. 88. – Smena godišnjih doba na severnoj polulopti (modifikovano:
<http://www.cas.muohio.edu/scienceforohio/Seasons/images/SunErthB.gif>)

Parus, fam. Paridae, red Passeriformes) razlikuje po boji perja u raznim krajevima.

Sva tri navedena klimatska pravila za homeoterme imaju izuzetan ekološki značaj.

Fenološke pojave

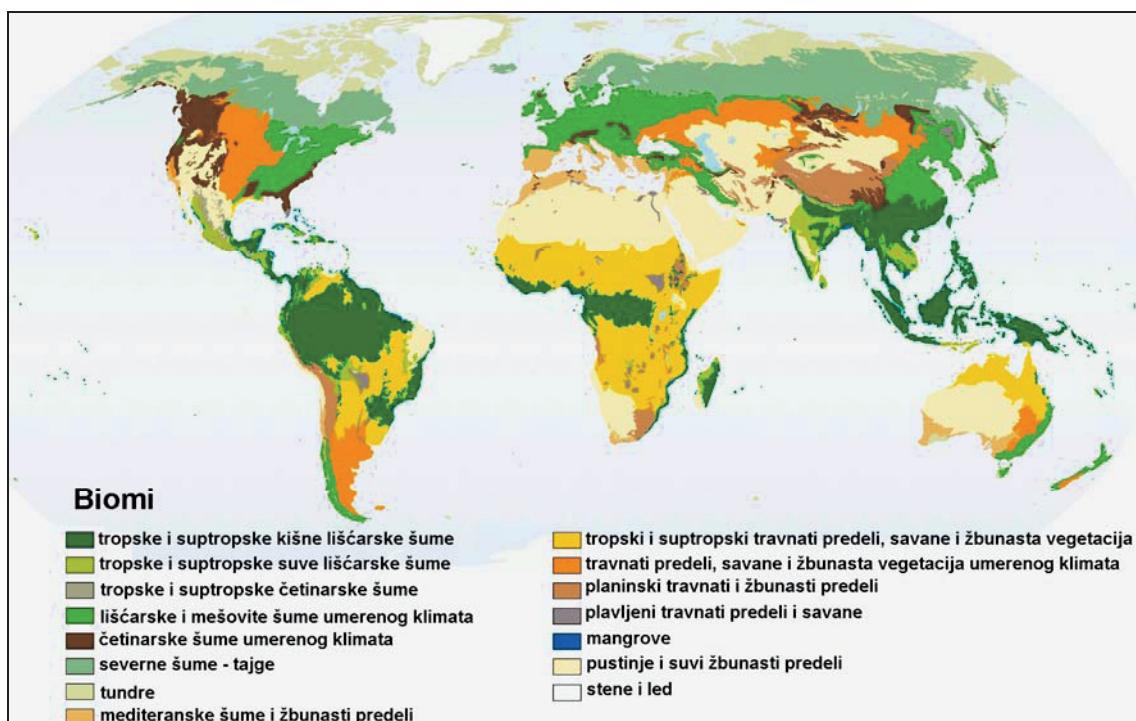
Između organskih vrsta i klime postoji izrazita zavisnost. Ona se ogleda u sezonskom ritmičnom smenjivanju životnih pojava dirigovanom vremenskim promenama u toku jedne ili više uzastopnih godina, tzv. **fenološkim pojavama**. Rokovi nastupanja pojedinih godišnjih doba variraju iz godine u godinu i od mesta do mesta, pa i prateće fenološke promene. Na sl. 88 je prikazana smena godišnjih doba na severnoj polulopti Zemlje uzrokovana menjanjem ugla pod kojim Sunčevi zraci padaju na površinu (zbog nagiba Zemljine ose).

Disciplina koja se bavi registrovanjem i proučavanjem promena zavisnih od smene godišnjih doba se zove **fenologija**. Ona prati sezonske promene u vegetacijskom pokrivaču, „buđenje“ životinjskih vrsta iz zimskog mirovanja, pojavu prvih larvenih stupnjeva, presvlačenja, pojavu imaga insekata, dolazak ili odlazak ptica selica i sl.

Fenofaze su sukcesivne fenološke pojave u životnom ciklusu jedne organske vrste. Npr. pojava gusenica iz jajnog legala (u proleće), postepeno smenjivanje uzastopnih stadijuma gusenica, pojava pronimfi i lutaka, pojava leptira, trajanje njihovog leta, parenje i polaganje novih jaja su karakteristične fenofaze u životnom ciklusu gubara.

4.2.6.2. Orografski faktori (ekološki faktori reljefa)

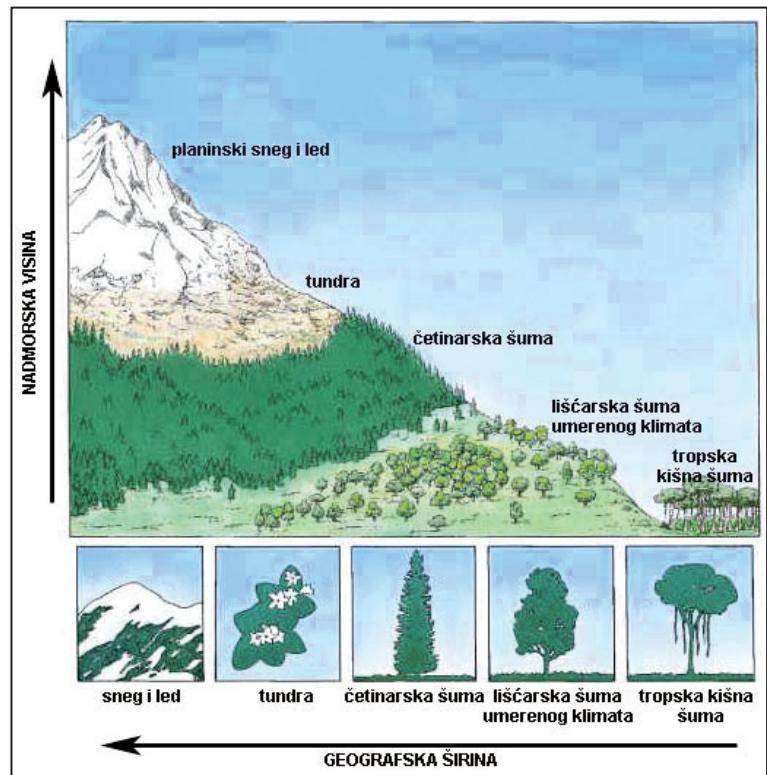
Orografski faktori na živa bića uglavnom deluju posredno, tj. preko klime i zemljišta*. Orografski faktori su **nadmorska visina, ekspozicija** (izloženost stranama sveta: na severnim padinama je slaba i kratkotrajnija insolacija pa tu žive mezofili, pogotovo skiofite; na južnim



Sl. 89. – Geografska širina i zoniranje bioma na osnovu tipa vegetacije.
(modifikovano: <http://maps.grida.no/go/graphic/the-main-biomes-of-the-world>)

* Sa povećanjem nadmorske visine vazduh je prozračniji, ima manje prašine, više vodene pare, izrazitiji su vetrovi, insolacija je jača, češće su padavine, jača spiranja tla, izraženije dnevno-noćne i sezonske oscilacije temperature. Porastom nadmorske visine za 100 m temperatura vazduha opada u proseku 0,58°C. Vegetacioni period na 600 m n.v. traje u umerenom pojusu Zemlje devet meseci, na 200 m n.v. 4,5 meseca, na 2.800 m n.v. svega jedan mesec, a na 3.000 m n.v. je donja granica večnog snega i leda.

padinama je drugačije – brže je zagrevanje, jače isparavanje, sneg brže kopni, leti je fiziološka suša, pa ih nastanjuju termofilni i kserotermni organizmi), **nagib terena** (inklinacija), **konfiguracija terena** (kompozicija svih elemenata reljefa na jednom području; u kombinaciji sa biljnim pokrivačem, vodenim kompleksima, ljudskim naseljima i sl. čine **biom**, **predeo** ili **landšaft**). Geografska širina i dužina (sl. 60, 89 i 90), nadmorska visina (sl. 90) i udaljenost planinskog masiva od mora (sl. 60) utiču na vertikalno zoniranje vegetacije u predelu, tj. određuju granice pojedinih tipova šuma i drugih zajednica (na planinama bližim ekvatoru i moru toploljubive biljne zajednice rastu na većim nadmorskim visinama nego na udaljenijim).

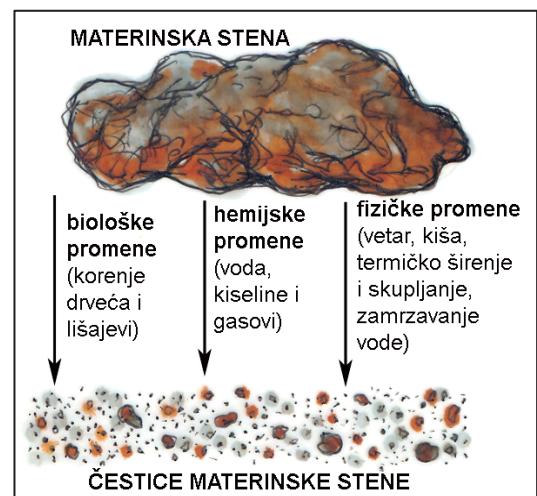


Sl. 90. – Vertikalno zoniranje vegetacije zavisno od nadmorske visine i geografske širine (modifikovano: <http://www.geography.hunter.cuny.edu/~tbw/wc.notes/15.climates.veg/veg.images/tundra/vertical.zonation.of.plant.communities.jpg>)

4.2.6.3. Zemljište kao kompleks faktora (edafski ekološki faktori)

Zemljište je plod sadejstva litosfere, klime i biosfere (sl. 91 i 92). Stene su mineralni agregati od kojih je sastavljena litosfera. Dugotrajnim delovanjem klimatskih faktora i živog sveta od njih se formiraju različiti tipovi zemljišta. Tako su formirani različiti tipovi zemljišta (sl. 93). Njihove osobine uglavnom zavise od teksture, tj. procentualnog sastava čestica gline (čestice sitnije od 0,002 mm), gliba (0,002-0,5 mm), peska (0,05-2 mm), šljunka i kamenja. Odnos ovih komponenata utiče na poroznost, propusnost, aerisanost, temperaturu, vlažnost zemljišta, količinu i vrste biljaka koje će rasti na njemu. Nakon što biljke uginu, destrukcijom i dekompozicijom (najviše radom mikroorganizama i gljiva), se obrazuje humus*, koji dalje može dovesti do nastanjivanja i razvoja novih vrsta biljaka i životinja.

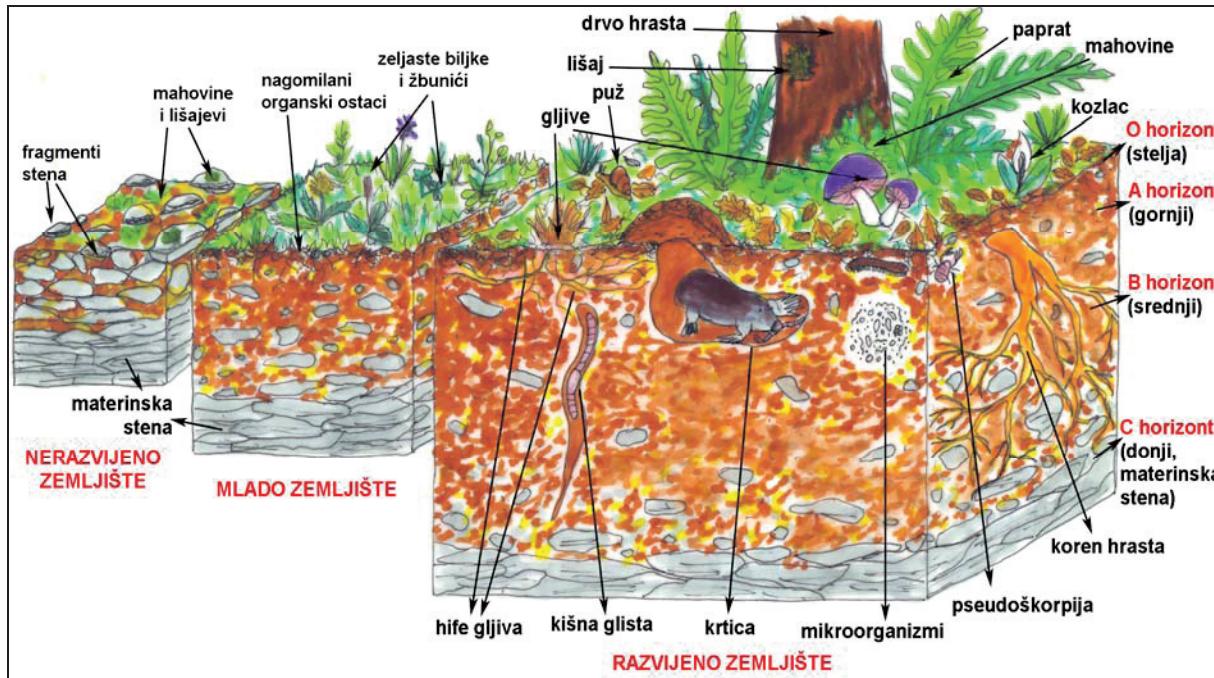
Zemljište je za mnoge organizme supstrat po kojem se kreću i na kom žive, a mnogima i životna sredina. Gustina zemljjišnog naselja zavisi od kvaliteta zemljišta i sklopa vegetacije.



Sl. 91. – Formiranje zemljišta
(prema: Miller, 2007)

* procesom humifikacije razлагаči prevode složena organska jedinjenja u humus.

Od površine ka dubini nije sastav zemljišta isti, već se razlikuju slojevi: **A** (sa intenzivnom **humifikacijom** i životom), **B** (tu se sakupljaju soli, organizama ima manje i specifični su) i **C** (materinska stena) (sl. 92). Plodnost zemljišta zavisi od njegove sposobnosti da lako prima i zadržava atmosfersku vodu, kao i moći da koncentriše mineralne materije i lako ih, rastvorene u vodi, predaje biljkama. Količina padavina određuje količinu soli i kiselost (alkalno ili kiselo) zemljišta. Soli nošene vodom ne mogu ići beskrajno duboko, već se talože na nekoj dubini. Čovek ih oranjem izbacuje nazad na površinu. U prirodi to rade kišne gliste.*

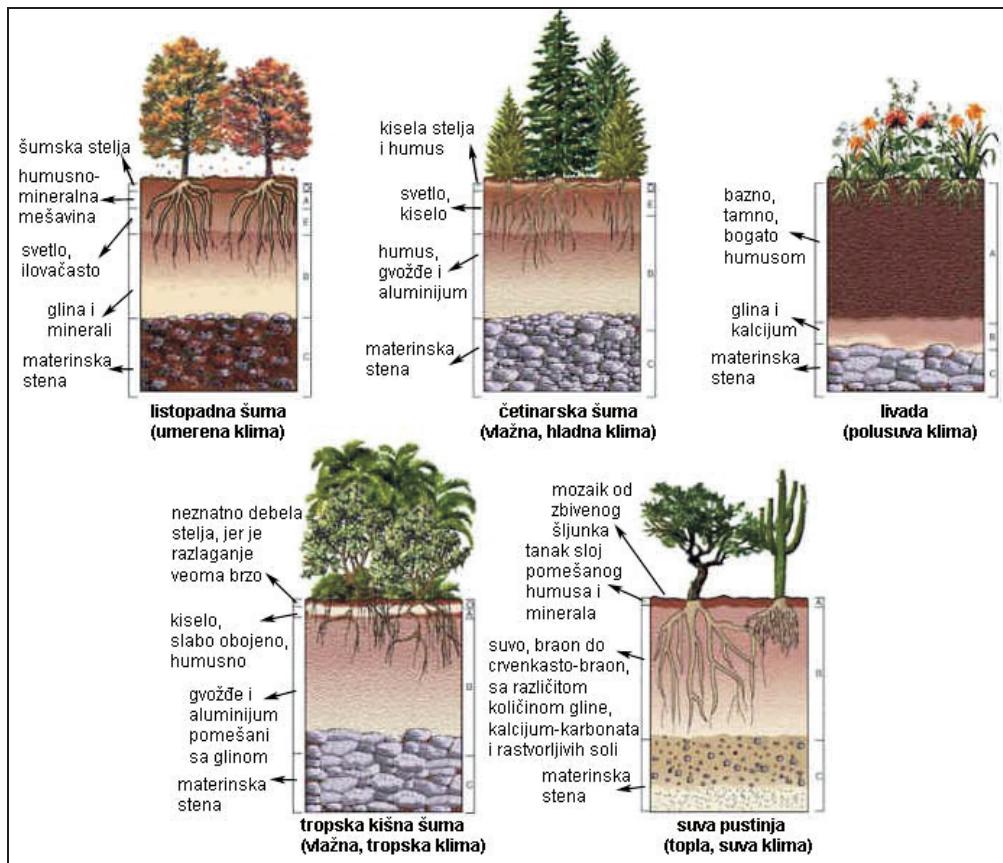


Sl. 92. – Razvoj zemljišta (kreirano prema Miller, 2007)

Značaj zemljišta za kopnene biljke je očigledan: one se u njemu ukorenjuju i iz njega crpu vodu i potrebne mineralne materije. Fizičke i hemijske osobine zemljišta određuju koje će biljke moći da ga nastane, jer su potrebe biljaka različite. Drugim rečima **biljke** mogu biti **indikatori** svojstava zemljišta i geološke podloge, pošto uglavnom nisu vagilna bića.

Eutrofne biljke žive na zemljištima bogatim hranljivim materijama (listopadne šume, dolinske livade, stepе), a **oligotrofne** na siromašnim (npr. tresave) (sl. 94a). **Nitratne** biljke su česte oko ljudskih naselja, jer tu ima puno nitrata u tlu (kopriva, tatula i dr.). Po odnosu prema prisustvu kalcijuma u zemljištu biljke mogu biti **kalcifilne** (obligatno ili fakultativno), **kalcifobne** (preferiraju kiselije, silikatne podloge) ili **indiferentne**. **Serpentinofite** su biljke sa veoma izrazito nepovoljnijih staništa serpentinskih stena, poput paprati *Notholaena marianthae* (sl. 94b).

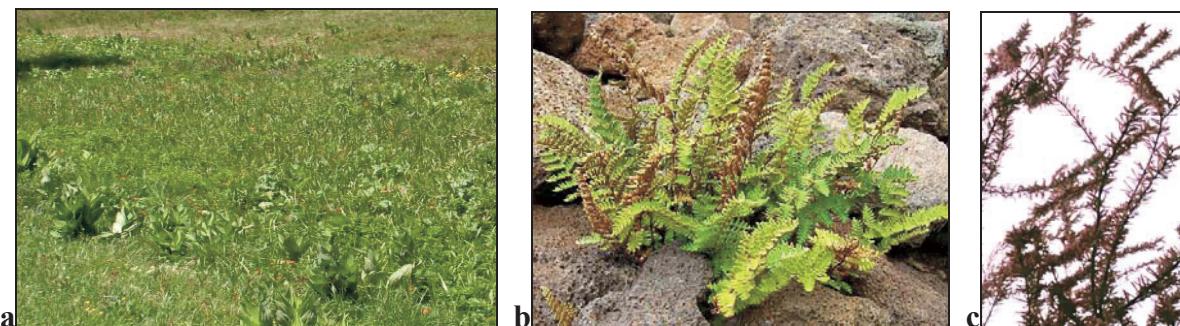
* U našim uslovima se u slojevima zemljišta među glistama razvija Više ekoloških niša: između opa log lišća, pri površini i ispod kamenja (*Lumbricus*, *Dendrobaena*), u humusu (do 5-6cm dubine) gde je sredina mekana, pa nije potrebno mnogo rit; do 30 cm dubine su gliste koje buše vertikalne i horizontalne hodnike, koje inače zatvaraju, a samo noću otvaraju izvirujući prednjim krajem (*Allolobophora*, *Lumbricus*); dubinske (nikada ne izlaze na površinu) žive na 50cm, pa čak i 1,5 m - njihov peristomium je tup (ne može sama glista početi da buši zemljište, ako nema već neke rupice) prednji deo je jako zadebljao, jakih, muskuloznih zidova (glista hidraulički širi te mišiće, šaljući krv u prednje segmente, i tako buši tlo). Osim po slojevima, gliste su formirale niše i po hemizmu zemljišta. Tako se npr. beličasta glista *Octolasmium lacteum* vezuje za karbonatno tlo.



Sl. 93. – Uporedni prikaz zemljišta listopadne šume, četinarske šume, livade, tropске kišne šume i suve pustinje

(modifikovano: <http://www.geography.hunter.cuny.edu/~tbw/ncc/chap4.wc/soils/soil.profiles.jpg>)

Indikatori kiselih zemljišta su **acidofilne** biljke (npr. zelje kiselica, borovnica), neutralnih – **neutrofilne** (detelina, lucerka i dr.), a baznih – **bazofilne** (npr. podbel). **Halofite** nastanjuju slatine (slana zemljišta sa dominantnim uticajem alkalnih soli, tj. prisutnim u količini preko 3%). Halofite su npr. tamariks (sl. 94c), gledičija, brest, bagrem. **Psamofite** su biljke prilagođene životu na pesku.



Sl. 94. – Tipovi biljaka prema podlozi: a – oligotrofne biljke tresave; b – serpentino fitna paprat *Notholaena maranthae* (L.); c – halofita *Tamarix* sp.

(a - foto sa terenske nastave Jabučko Ravnište na Staroj planini, maj 2010.; b - <http://botany.cz/cs/notholaena-subcordata/>; c – foto S. Pešić, april 2011.)

Zavisno od tipa ekosistema kojem zemljište pripada, slojevi u njemu su različite debeline, i sastava, tj. sa manje ili više podslojeva (sl. 93). Mešanju slojeva doprinose kišne gliste i drugi zemljišni (**pedofili**) organizmi (insekti, stonoge, paukolike životinje, rakovi, krtice i dr.) prilagođeni na život u tlu (sl. 92). Kvalitet i kvantitet ishrane se menja sa svakim centi-

metrom dubine, jer se zbog menjanja vlažnosti i temperature, menja sastav zajednica prisutnih mikroorganizama, hifa gljiva i **pedofaune**. Stoga su za svaki sloj tla specijalizovani stonovnici, zavisno od ekosistema. Tako npr. insekte koji žive na 1 m dubine u zemljištu hrastove šume nećemo naći pliće u istoj šumi, a ni u obližnjim pećinama.* U globalu se organizmi tla mogu rasporediti u tri sprata. **Epiedafon** čine bića na površini tla i u njegovom gornjem sloju, do nekoliko centimetara u dubinu (grinje, pauci, mravi, razni tvrdokrilci, šumske bubašvabe, puževi i dr.). Hemiedafon predstavljaju organizmi gornjih slojeva tla i stelje (crvena kišna glista *Lumbricus rubellus*, stonoge, nematode, kolembole, proture, diplure, voluharice i dr.). Euedafon su organizmi koji žive u dubljim slojevima tla (preko 20 cm), poput kišnih glista rodova *Octolasion* i *Allolobophora*, larvi raznih dvokrilaca i tvrdokrilaca, buba-grobara, krtica i dr.

Po dimenzijama tela se pripadnici pedofaune (zooedafona), tj. životinjske komponente zajednice zemljišnih organizama, mogu razvrstati u četiri grupe: **mikrofauna** (0,002-0,2 mm), **mezofauna** (0,2-2 mm), **makrofauna** (2-20 mm) i **megafauna** (preko 20 mm).

Narušeni sastav pedofaune nedvosmisleno ukazuje na destrukciju izazvanu zagađenjem, npr. spiranjem sumpor-dioksida iz vazduha (tj. **kiselim kišama**), ili recimo teškim metalima poput olova iz benzina motornih vozila uz saobraćajnice. Stoga bi u prilog praćenju kvaliteta životne sredine valjalo intenzivirati istraživanje zemljišne faune.

4.2.6.4. Voda kao životna sredina (hidrografski ekološki faktor)

Životni ciklus voda (slanih i slatkih) na Zemlji pokriva skoro tri četvrtine njene površine (sl. 95). Voda je tzv. hidrografski ekološki faktor u ekosistemima.



Sl. 95. – Dva lica Zemlje – kopneno-okeansko i okeansko-kopneno (modifikовано: http://www.freeworldmaps.com/html/World_Globes/WorldGlobes.html)

kuće (**lotičke**) i stajaće (**lentičke** – kod njih kretanje takođe postoji, ali nije tako uočljivo). Neki organizmi preferiraju tekuće, a drugi stajaće vode.

Brojni su vidovi vodenih ekosistema (potoci, reke, jezera, bare, lokve, mora itd.). U svakom od njih vladaju posebni ekološki uslovi. Ni u istom biotopu nisu svuda jednaki uslovi, već postoje ekološke zone koje zaposedaju određene grupe organizama.

Stajaće vode

Sve stajaće vode odlikuje slabo pokretanje vodene mase, pa je dinamika kruženja materija i tok energije u njima drugačiji nego u tekućim. Organizmi specijalizovani za život u stajaćoj, ne mogu preživeti u tekućoj vodi. Stoga se transformacijom jednog dinamičkog u

Evolucionisti tvrde da je voda klevka života. U svim vodenim sredinama žive organizmi. Verovatno zato što je najstarija, voda je od strane organizma najbolje iskorišćena životna sredina (delovi „naselja“ u vodama su npr. neuston, plankton, nekton i bentos).

Za vodena staništa su vezani akvatični, semiakvatični i neki suvzemni organizmi.

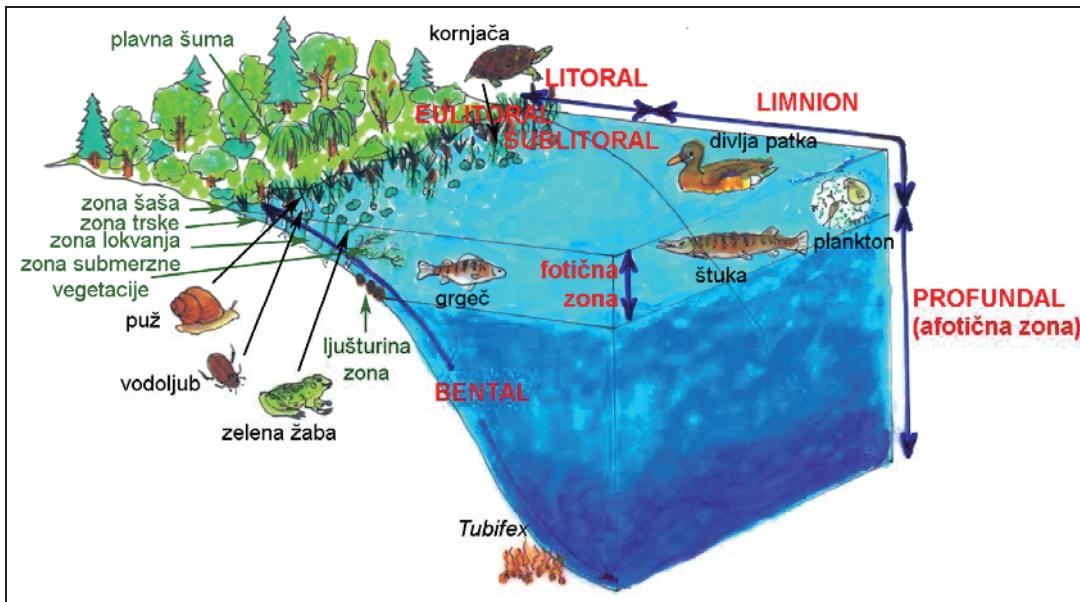
Sve vode se mogu podeliti na kopnene („slatke“) i mora i okeane (slane). Kopnene vode mogu biti te-

* Kod nas ova ekološka niša nije dovoljno istražena. Profesor Nonveje (Guido Nonveiller) je iz nje na našim prostorima u drugoj polovini XX veka opisao više, za nauku novih vrsta tvrdokrilaca (Coleoptera).

statički voden sistem (npr. pregradnjom reke i formiranjem akumulacionog jezera) menjaju kompletna flora i fauna, prateći menjanje ekoloških faktora. Ista je i posledica isušivanja terena.

Razlikuju se tri kategorije stajaćih slatkih voda: jezera, močvare i bare.

Jezera su baseni stajaće vode (sl. 96). Različitih su dubina, tipova i porekla. Nastaju pregradnjom reka, otapanjem glečera, tektonskim poremećajima i dr. Vodom se dopunjaju iz rečnih slivova, a gube je isparavanjem. Između ovih procesa postoji dinamička ravnoteža.



Sl. 96. – Jezero – ekološke zone i „stanovnici“

(kreirano prema: Miller, 2007; <http://www.stellwerk-nt.de/barsch/lebensraeume.gif> i <http://kentsimmons.uwinnipeg.ca/16cm05/1116/16biomes.htm>)

Uslovi u ma kom jezeru nisu svuda jednaki. I dno i vodena masa se menjaju od obale ka najdubljem delu. Na dnu je granična zona zemljišta i vode, kao dveju različitih životnih sredina – **bental**. U njoj žive organizmi (oligohete, puževi, račići, larve i adultni insekti i dr.) koji čine **bentos**. Ova zona je supstrat, koji se menja idući od ruba jezera ka najdubljem delu. Obalska zona (**litoral**) može biti muljevita, peskovita ili kamenita. Osvetljena je i obrasla vegetacijom (zato se zove i **fitalna zona**). Litoral (obalska zona) se deli na:

- **eulitoral** (pravi litoral) gde voda izbacuje alge na kopno i izraženo je mlatno dejstvo talasa; obično je blagog nagiba; može biti pokriven peskom, šljunkom ili muljem (svaka podloga ima specifično naselje organizama); temperatura vode znatno osciluje tokom godine, zavisno od temperature tla i vazduha; svetlost prodire do dna; vegetacija je raspoređena u vidu pojaseva, tj. zona: plavna šumska vegetacija se smenjuje sa šaševima, sledi trska, pa lokvanji i zona submerzne vegetacije (sl. 96); u mekoj podlozi, među rizomima lokvanja i korenjem potopljenih biljaka rastu školjke; i

- **sublitoral** – jezerska zona koja se strmo spušta do 50 m dubine; teške, krupne čestice peska i šljunka, umesto da padnu na dno, talasima bivaju poduhvaćene i vraćene ka površini, tj. izbačene na obalu, pa se na dnu taloži fini mulj, tj. podloga je meka, sa izrazitom ljušturi-nom zonom od praznih ljuštura uginulih školjaka i puževa, spranih iz eulitorala (sl. 96); ovde je osvetljenost veoma slaba, pa više nema viših biljaka; temperatura vode je slabo varijabilna tokom godine; nema dejstva talasa, a voda se meša samo strujanjima.

Profundal (dubinska zona) nalazi se i do 100 m u dubinu (većina jezera u svetu je plića, pa nema jedinstvenog stava o tome gde prestaje ova zona). To je trofolitička zona, bez svetlosti. Dno je od vrlo finog mulja. Ohridsko jezero je duboko 288 m, pa ima ovu zonu izraženu, što mu i omogućuje visoki stepen specifičnosti živog sveta.

Malobrojna su jezera čija je dubina veća od 300 m (npr. Bajkalsko 1741 m, Tanganjikansko 1470 m). U njima je prisutna i zona **abisala**, sa skoro konstantnim ekološkim uslovima i veoma siromašna živim svetom.

Živi svet jezera je najviše skoncentrisan na litoral: na biljkama i predmetima potopljenim u vodu se razvija **perifiton** (obraštaj); u slobodnoj vodi lebdi **plankton**; **nekton** pliva s nagnom svojih mišića; u mulju, pesku, ispod kamenja živi **bentos**. Ogromna količina organskih materija se kreće između ovih podsistema komplikovanog jezerskog biosistema.

U slobodnoj zoni jezerske vode (**limnionu**) u osvetljenom delu (fotičnom ili trofogenom sloju) žive kategorije organizama, koje čine plankton i nekton (sl. 96). Plankton ne predstavljaju samo mikroskopski sitni oblici (u morski plankton spadaju i meduze prečnika 2 m), već svi organizmi koji lebde u vodi zahvaljujući posebnoj građi koja im smanjuje specifičnu težinu (izraštaji na površini, kapljice ulja ili vazdušni mehurovi u telu), a ne plivaju aktivnim radom mišića.

Na površini vode, na granici sa vazdušnom sredinom, je tanka opna. Njen napon omogućava kretanje i život specifičnoj grupi bića nazvanoj **neuston**. To su neke alge, suktorije, insekti. Opna služi kao dvostrani supstrat za koji se pričvršćuju ti organizmi. Bića koja se na opni nalaze sa vazdušne strane čine **epineuston** (npr. stenice koje hodaju po vodi, neke alge i dr.), a sa vodenе strene – **hiponeuston** (npr. larve komaraca).

Plankton, nekton, neuston, bentos i perifiton su **merocenoze u biocenozama jezera**.

Na 4°C voda je najgušća. U dubokim jezerima ona je na dnu. Pošto je u jezeru voda stajaća, pravi se oštra, nevidljiva granica koja sprečava mešanje površinske i dubinske vode. To je **termoklina** ili **metalimnion***. Iznad nje, u sloju tzv. **epilimniona**, se vrši intenzivna fotosinteza od strane mikroflore), a temperatura se bitno menja (opada) sa povećanjem dubine (zato se ovaj sloj zove i **heteroterma zona**). Kada alge iz toga sloja uginu, padaju na dno, raspadaju se i u dubini se oslobođaju soli. Pri površini se u međuvremenu smanjuje količina nitrata, nitrita, fosfata i drugih soli, usporava se razvoj planktona, jer se ne mogu uključiti materije sa dna. Sloj ispod termokline, **hipolimnion**, vremenom je sve bogatiji mineralnim materijama, a zbog činjenice da se u njemu temperatura ne menja bitno sa povećanjem dubine naziva se i **homeotermna zona**. Odnos slojeva se može promeniti jedino remećenjem termokline, na šta utiču geografski položaj jezera, termički režim, ruža vetrova i klima uopšte, i konfiguracija dna.**

* Osim termokline, koja je temperaturna granica između dva sloja vode, u jezerima i morima postoje i **piknoklina** (sloj rapidne promene gustine vode) i **hemoklina**, a u morima, tj. okeanima i **haloklina** (oštar vertikalni gradijent saliniteta).

** Severna jezera (npr. u Sibiru i Kanadi) su amiktična, jer zapravo ni nemaju termoklinu. Monomiktična su jezera u kojima se jednom godišnje mešaju slojevi; dimiktična - dva puta (takva je većina bivših jugoslovenskih jezera); oligomiktična su tropska i plitka jezera naših područja (Dojransko, npr.), ali i planinska (izložena svega četiri sata insolaciji) glacijalnog porekla, gde se zbog drastične razlike u dnevnoj temperaturi danju i noću, termoklina gubi i formira tokom istog dana.

U dimiktičnim jezerima, zbog niske temperature vazduha i hladnih vetrova, epilimnion se zimi hlađi ispod 4°C. Uz litoral može biti i leda. Tada nema mešanja slojeva zbog velikog viskoziteta vode.

Kada u proleće počne zagrevanje, led se topi, raste temperatura vode na površini, jezero talasa i voda se polako zagreva i dublje. Međutim, zbog velikog toplotnog kapaciteta vode, zagrevanje je vrlo sporo. Tako temperatura epilimniona dostiže 4°C. Talasi gonjeni vazdušnim strujama idu ka obali, dok se sloj vode ispod njih valja suprotno, ka dubini. Zavisno od veličine jezera, konfiguracije dna, podzemnih izdiana i dr. u vodenoj masi dolazi do raznih kretnji koje vode mešanje. Tako se u proleće sa dna podižu mineralne soli i obogaćuju epilimnion. Fotosinteza se intenzivira, buja fito- i, posledično, zooplankton (prolećno „cvetanje“ planktona) i jezero dobija zelenkastu boju. Na velikim jezerima (poput Bodenskog) se zbog naglih promena vazdušnog pritiska stalno javljaju i eustatska kretanja (ona se mogu zabeležiti i na moru kada je mirno, bez vetra, a nikakvog plovila nema u blizini).

U letu se gornji slojevi vode sve više zagrevaju, najpre samo površinski, a potom i dublji. Gornji slojevi su osiromašeni neorganskim materijama, a sa dosta energije (svetlosne i toplotne), dok su donji siromašni energijom, a obogaćeni materijama. Procesi raspadanja troše kiseonik iz dubljih slojeva vode.

U jesen duvaju hladni vetrovi, dan je kraći, insolacija slabija. Epilimnion i hipolimnion se ne mešaju dok ne dostignu približno jednaku temperaturu, što se događa u jesen. Tada počinje jesenje „cvetanje“ planktona.

Zimi se gornji sloj isključuje, hlađi (hladniji je od hipolimniona).

Prema veličini produkcije organske materije jezera se dele na: ***oligotrofna*** (maloproduktivna) poput Ohridskog; ***eutrofna*** (visokoproduktivna) kao što su Skadarsko i Dojransko; i ***distrofna*** (raspadanja su izraženija od sinteza) sa teško podnošljivim hemijskim sastavom vode, pa su životne zajednice tu siromašne. Distrofna jezera su uglavnom na severu Evrope.

Prespansko jezero je na prelazu iz oligotrofne u eutrofnu kategoriju.

Sva glacijalna jezera (kakva je po poreklu većina naših planinskih jezera) su oligotrofna, pa im je voda prozirna. Formirala su se otapanjem leđnika na čvrstoj podlozi, u procepu između dva uzvišenja. Termoklina je na 30-ak metara dubine. Voda je hladna, bogata rastvorenim kiseonikom. U njima živi veliki broj vrsta, ali u malim populacijama.

Eutrofna jezera su plića, sa toplijom vodom. Na njima se vrši veliki privredni lov ribe. Inače, u njima živi manji broj vrsta, ali u velikim populacijama. U donjim slojevima vode ovih jezera leti vlada deficit kiseonika, jer se on troši na razlaganje organskih materija. Stoga tu žive euoksifilni oblici.

Bare i močvare su u odnosu na jezera defektni sistemi. To su plići vodenii baseni (bare su do 40 cm duboke), pa se u njima osnovni ekološki parametri drastično menjaju (veliko isparavanje, evidentno oscilovanje koncentracije soli i menjanje temperature vode), zavisno od uslova u atmosferi. Malo euribiontnih vrsta je kadro da sve to podnese. Termoklina ne postoji.

Bare mogu biti i **temporalne** (lokve) (sl. 97) koje leti ispare, a ponovo se javljaju nakon atmosferskih padavina. Velika organska produkcija još više otežava uslove za život u bari.

Močvare su približno kao epilimnion jezera. Fotosinteza se odvija do samog dna, kao i u barama, ali je isparavanje manje. Količina kiseonika može biti ogromna, pogotovo leti jer je na površini vode zelena, mehurasta prevlaka – ***biotekton***, koji intenzivno fotosintetiše. Oslobođeni kiseonik omogućava brzo truljenje, pa je leti i cirkulacija materija u močvarama ogromna. Zbog tolike dinamike cirkulacije produkuje se CO₂ (ima ga daleko više nego u vazduhu iznad), koji prelazi u ugljenu kiselinu. Voda močvare bi se stoga lako zakiselila, da nije puferskih sistema kalcijum-bikarbonata, koji prelazi u karbonat inaktivirajući CO₂.

Ribnjaci su veštački sistemi napravljeni po principu močvara. Ekonomski su isplativiji od livada, jer je produkcija riba u ribnjacima veća nego krava na farmama.

Podzemne vode

Podzemne vode su pećinske, bunarske i ponornice. One nastaju poniranjem površinskih voda u tle. U njima su oscilacije spoljašnje temperature slabo izražene (ne osećaju se smene godišnjih doba), a i ostali parametri su stabilni. U ovim vodama nema autotrofnih organizama, već vodene kapi spolja donose „hranu“ – raspadajuće materije, bakterije i sl. Mali broj bića je prilagođen na takvu oskudicu hrane i energije. To su sve stenobionti, koji su već milionima godina u sličnim uslovima. Mnoge vrste su endemi. Danas su posebno ugrožene zbog zagađenja – što direktnih zagađenja samih voda, što indirektno preko zagađenja zemljišta pesticidima i veštačkim đubrivima, usled saobraćaja itd.

Tekuće vode

Izvori, potočići, potoci, rečice, reke kao osnovnu osobinu imaju permanentni protok vode. Brzina toka vode u njima je različita. Od izvora do ušća se sukcesivno smenjuju tri ekološke zone (sl. 98):

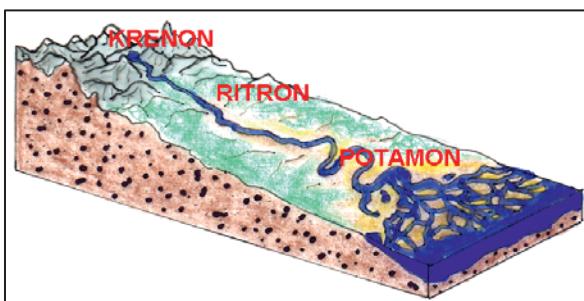
1. izvorišna (***krenon***)
2. brzi tok (***ritron***) i
3. sporiji tok (***potamon***).



Sl. 97. – Lokva na Staroj planini
(foto S. Pešić, maj 2010)

Izvorišna zona je mesto gde voda izbija iz tla na površinu. Po što izbija iz podzemlja gde je imala stalnu temperaturu, voda izvora temperaturno ne zavisi od godišnjih doba. Ona je čista, pitka, siromašna organskim materijama. U njoj mogu da žive organizmi doneti strujom vode iz podzemlja, ali retko, pošto uglavnom bivaju uništeni od strane organizama koji su se adaptirali na život u izvorištu. Izvorišni organizmi su stenobionti.

Druga zona tekućica su potočići i potoci. Podloga im je uglavnom kamenita. Voda je brza, bogata kiseonikom, bistra, hladna (ni u najtoplje doba godine ne prelazi 20°C), sa malo organskog materijala. Dno je pretežno šljunkovito. Životinje su uglavnom sa malom visinom tela, dorzoventralno spljoštene, neke poseduju i pijavke za prihvatanje za dno.



Sl. 98. – Ekološke zone jedne tekućice
(prema: Miller, 2007)

Treća zona tekućih voda (reke) je sprijeg toka, a temperatura leti prelazi 20°C. Tu je bogat živi svet, jer ima dosta organskog materijala. Koncentracija rastvorenog kiseonika je niska. Dno je peskovito i muljevit, pa u njemu žive rijući organizmi.

Šarenilo uslova je urodilo bogatstvom faune i ekoloških niša u tekućim vodama. U svakoj ekološkoj zoni tekućih voda žive specifične životinje, grupisane u brojne merocenove. Na primer mahovine na kamenju potoka, su posebno, specifično stanište. Ili drugi primer: različite zajednice organizama su na donjoj i gornjoj strani kamena potopljenog u vodi.

Mora i okeani

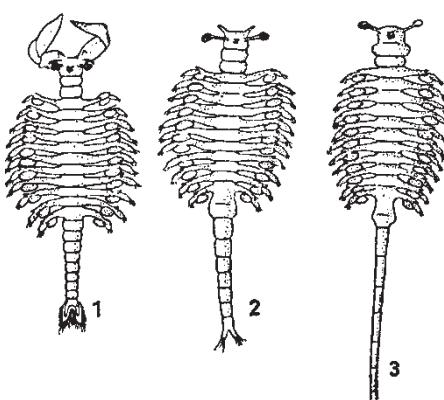
Iako je život nastao u moru, danas veliki broj vrsta živi u slatkim vodama. Razlog je što slatke vode imaju izraženu dinamiku uslova, dok se mora i okeani ne menjaju toliko.

Na Jadranu je razlika u liniji vode pri plimi i oseci 20–30 cm^(*), dok na okeanima dostiže 5 km. U Engleskoj se ribarske mreže pri plimi čak kače na bandere.

Morski organizmi ne podnose slatke vode. Svega oko 1% faune reka toleriše promenu saliniteta (mogu živeti i u moru). Problem je u osmoregulaciji krvotoka. Zato, npr., slatkvodni puž ima unutrašnje oplođenje i jaja čuva zaštićena u svom telu sve dok se ne razvije oblik sposoban za samostalnu ishranu, dok morski slobodno polaže jaja.

Efekat saliniteta na razviće nekih vrsta može biti bitan, tako da se na kraju dobijaju različite forme po habitusu. Takav je slučaj sa Anostraca sonim račićima vrste *Artemia salina* (sl. 99).

Slično jezerima, i mora i okeani imaju više ekoloških zona u kojima se uslovi za život bitno razlikuju, pa je i živi svet različit (sl. 100).



Sl. 99. – Soni račić (*Artemia salina*) iz (1) slabo slane vode, (2) vode sa 20 i (3) sa 120 % soli.
(prema Schwerdtfeger, 1977)

Najburnije je u obalskoj zoni, gde je izraženo mlatno dejstvo talasa i plime. Obalska zona (*litoral*) je topla, bogata hransom, plitka voda (do 200 m), koja obuhvata kako oštре štrence vrhove hridi, tako i mirne plićake na kraju kontinentalne padine (šelfa). Obalska zona zauzima manje od 10% Svetskog okeana, ali sadrži 90% svih morskih vrsta. Ima ogroman ekološki i ekonomski značaj. Žrtva je ljudskih aktivnosti, jer se mnoga ljudska naselja i aktivnosti nalaze baš u njoj. Organizmi u zoni između linija plime i oseke razvijaju specijalne

^{*} Mediteran je zatvoreno more, pa se prigušuje dejstvo eustatskih kretanja.

niše da bi se izborili sa svakodnevnim promenama temperature i saliniteta i mlatnim dejstvom talasa. Zavisno od tipa podloge (stenovita, kamenita, šljunkovita, peskovita, muljevita) nastanjuju je različite zajednice organizama.

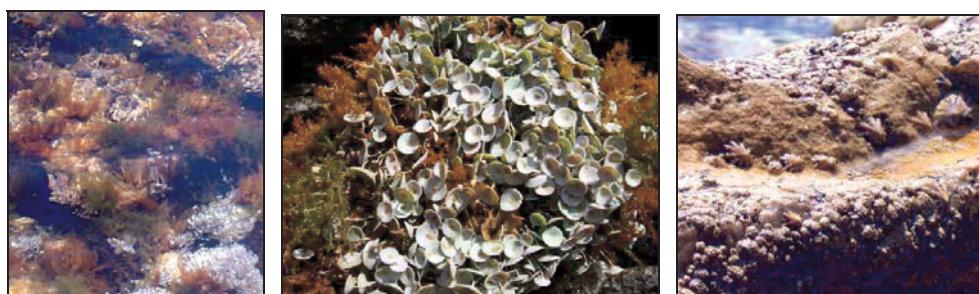


Sl. 100. – Ekološke zone mora

(modifikovano <http://library.thinkquest.org/04oct/01590/intro/ocean.jpg> na osnovu <http://alex.state.al.us/uploads/24068/hottopic-deepseal1en.jpg> i http://www.marbef.org/m/images/thumb/9/91/Ocean_zones.jpg/300px-Ocean_zones.jpg)

Koralski rifovi (sprudovi) su živim oblicima posebno bogate litoralne zone Svetskog okeana.

U **pelagijalu** (otvorenom moru, dalje od obale, gde više nema izrazitog delovanja talasa i plime) se izdvajaju osvetljena **eufotična** i mračna **afotična zona**, koja se deli na **batijalnu**, **abisalnu** i **hadalnu** (sl. 100).



Sl. 101. –
Stenoviti
litoral
(foto terenska
nastava
2003., Mogren,
Budva)

Jasno osvetljeni gornji sloj vode pučine, sa malo hranljivih materija, puno rastvorenog O₂ i intenzivnom fotosintezom je **eufotična zona**. Dublje (preko 200 m) je batijalna zona – slabo osvetljen srednji sloj mora, u kojem nema fotosinteze; tu danju žive zooplankton i ribe, a noću migriraju u eufotičnu zonu, da bi se hrаниli fitoplanktonom. Abisalna zona je mračan donji sloj morske vode, gde je veoma hladno, malo ima rastvorenog O₂, a pritisak vode je ogroman. Ona obuhvata sloj vode do najvećih okeanskih dubina, tzv. hadala. Postoji i malo drugačija podela pelagijala po slojevima: **epipelagijal** je do 200 m dubine, **mezopelagijal** do 1.000 m, **batipelagijal** do 4.000 m, **abisopelagijal** do 6.000 m, a **hadopelagijal** do dna okeana (10.911 m) (prema: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hadal>).

4.2.6.5. Trofički faktori

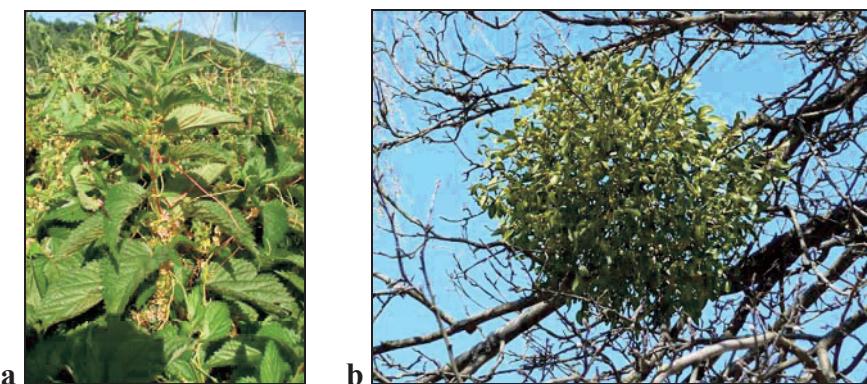
Trofički, odnosno faktori ishrane su veoma bitni za opstanak živih bića. Mogu poticati iz biotičke, kao i iz abiotičke sredine. To je veoma uticajna grupa faktora. Ne postoji nijedna vrsta koja je indiferentna prema njima. Za razliku od npr. topote, koju organizam permanentno razmenjuje sa okolinom, izvori hrane nisu stalni. To je najvarijabilniji ekološki faktor.

Organizmi su se evolutivno osposobili za veoma različite načine ishrane. U osnovi se razlikuju dva vida: autotrofni (organizam sam proizvodi „hranu“) i heterotrofni (organizam koristi hranu iz životne sredine).

Mikroorganizmi kopnenih ekosistema se hrane uglavnom tako što biološki transformišu inertne organske (odbačene i uginule) materije poreklom od drugih organizama, tj. **saprofiti** su. Međutim, u zemljištu žive i mikroorganizmi azotofiksatori, a u vlažnom zemljištu i fotosintetske modrozelene bakterije. U akvatičnim sistemima modrozelene bakterije fotosintetišu, dok su purpurne sumporne bakterije, purpurne bakterije bez sumpora i zelene sumporne bakterije takođe autotrofi, ali umesto da koriste CO₂ rastu na mineralnim podlogama sa ugljenom kiselinom. Drugi mikroorganizmi u vodi učestvuju u biodegradaciji organske materije i kruženju elemenata (saprofiti) ili su prvi konzumenti u lancima ishrane – **heterotrofi**. Parazitski mikroorganizmi su **paratrofi** (koriste organski materijal živih ćelija drugih organizama). Imajući sve navedeno u vidu zaključujemo da su mikroorganizmi, zavisno od toga da li energiju za život dobijaju od Sunca ili oksidacijom neorganskih (sumpor ili sulfidi, ugljenik → metanogeneza, gvožđe, vodonik, azot, fosfor, mangan) ili organskih jedinjenja, **fototrofi**, **hemotrofi** ili **miksotrofi** (npr. gvožđevite i vodonične bakterije u mutnim vodama sa autotrofne prelaze na heterotrofnu ishranu).

Ishrana **algi** je, zapravo, fotosintetska (sl. 47) proizvodnja organskih jedinjenja u osvetljenim slojevima vode, ali i u površinskim slojevima zemljišta (zelene, crvene, zlatne i eu-glenoidne alge), gde ih može biti i do 10⁶ jedinki po gramu zemljišta. Alge su **autotrofi**.

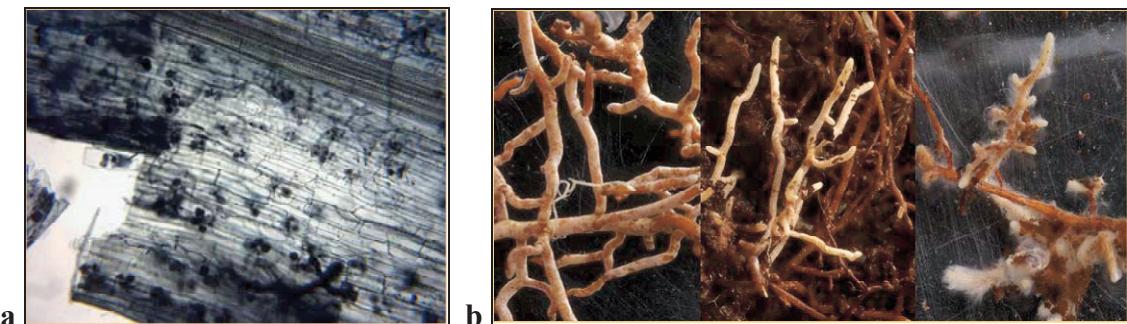
Ishrana **kopnenih biljaka** je uglavnom vezana za upijanje vode i mineralnih materija iz tla, kao i CO₂ iz vazduha i njihovu preradu u organska jedinjenja u prisustvu svetlosti. Drugim rečima, biljke fotosintezom (sl. 47) same proizvode organske materije, tj. hrane se **autotrofno**. Međutim, mali broj biljaka su paraziti (sl. 102a) ili poluparaziti (sl. 102b).



Sl. 102. – Parazitska (a – vilina kosica) i poluparazitska biljka (b – imela)
(a – foto S. Pešić, jula 2010; b - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Viscum_album_apple-tree_2009_G1.jpg)

Gljive se brojnim osobinama razlikuju od biljaka. Zato su i izdvojene iz ovog carstva u posebno. Gljive nemaju hlorofil, pa se hrane gotovim organskim materijama, tj. **heterotrofno**. Mogu biti saprofiti ili paraziti. **Mikoriza** je poseban trofički odnos viših biljaka i gljiva. Razlikujemo dve forme ovih odnosa. Endomikoriza (sl. 103a) – hife gljive iz razdela Glomeromycota prožimaju ćelijske opne u korenovima 85% familija biljaka, pogotovo žitarica.

Ektomikoriza (sl. 103b) – simbioza gljiva iz razdela Basidiomycotina, Ascomycotina i Zygomycotina i korenova drveća, gde hife obmotavaju koren spolja.



Sl. 103. – Endomikoriza (a) i ektomikoriza (b)
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Arbuscular_mycorrhiza_microscope.jpg i
http://www.mtsn.tn.it/russulales-news/images/in_ecтомycorrhizae.jpg

Pitanje ishrane **životinja** je veoma složeno i predstavlja okosnicu njihovog života. Životna forma ukazuje na način ishrane: krtica (sl. 33c), npr. ima snažne i kratke prednje noge i sitne zube (hrani se insektima, glistama i sl.), dok joj slepo kuće (sl. 33a) nalikuje, ali ima jake zube (može vam odgristi prst, mada je biljojed).

Životinje su **biofage** (hrane se živim organskim materijalom) ili **nekrofage** (jedu mrtvi organski materijal – leševe, trulo lišće, tuđe fekalije i sl.).

Ako se hrane biljnim materijalom, one su **fitofage**, a ako životinjskim, **zoofage**.

Fitofagi se dalje mogu deliti na *radikole* (hrane se korenjem), *kortikole* (jedu koru), *fifofage* (hrane se listovima), *fruktikole* (plodovima), *ksilofage* (drvnom masom), *briofage* (mahovinom), *algofage* (algama) itd.

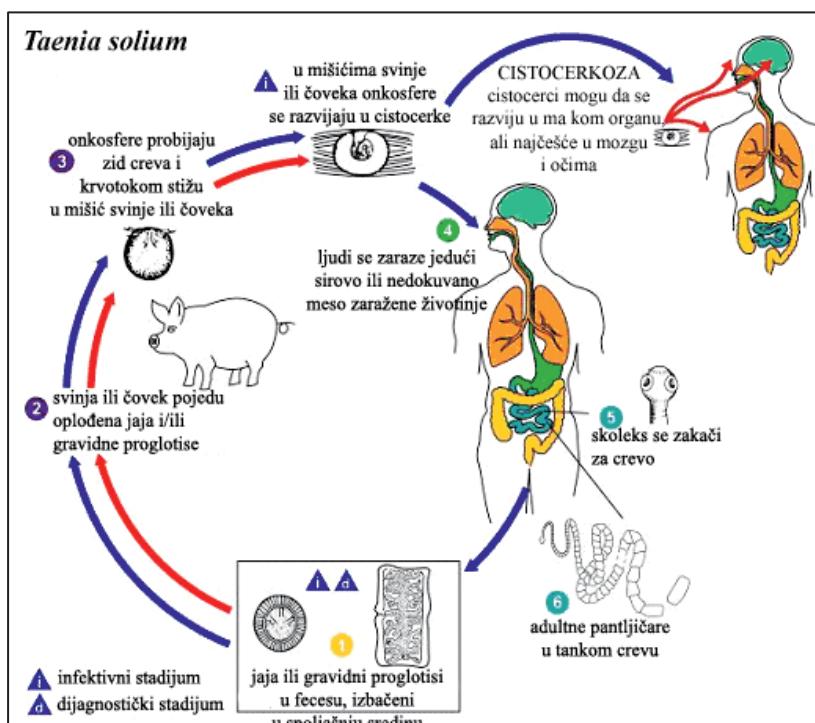
Zoofage mogu biti npr. *piscifage* (ako se hrane ribama), *entomofage* (insektima), specijalizovane *mirmekofage* (mravima) itd.

Nekrofage koje se hrane otpacima materijala prošlog kroz creva drugih životinja su *koprofage*, dok *saprofage* jedu odbačene mrtve organske materijale (npr. dlačku, perje, nokte, opalo lišće).

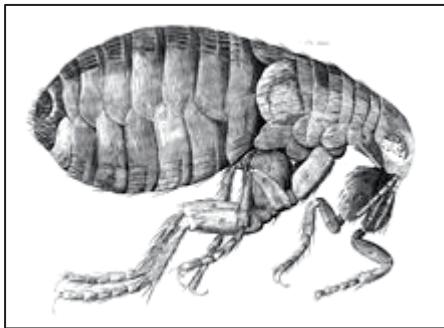
Prema materijalu kojim se hrane postoje npr. *hematofage* (hrane se krvlju), *molekulofage* (hrane se materijama na nivou molekula, recimo belančevina), *celofage* (jedu pojedinačne ćelije nekog organizma), *histofage* (tkiva), *merofage* (organske sisteme) itd.

Epiziiti su organizmi koji uništavaju cele druge organizme (npr. lisica kada uhvati zeca).

Nasuprot njima **paraziti** ne uništavaju domaćina



Sl. 104. – Životni ciklus svinjske pantličare *Taenia solium*) kao endoparazita (prevedeno http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/images/ParasiteImages/S-Z/Taeniasis/Taenia_LifeCycle.gif)



Sl. 105. – Egzoparazit – buva
(<http://en.wikipedia.org/wiki/Flea>)

odjednom. Prema prostoru gde su locirani, paraziti mogu biti **endoparaziti** (sl. 104) i **egzoparaziti** (sl. 105). Po trajanju dejstva paraziti mogu biti povremeni (temporalni, npr. sitne grinje u gnezdima ptica napadaju domaćina samo dok je u gnezdu) i stalni. Razlikujemo **parazite prвog** (direktno parazitira na domaćinu), **drugog** (parazitira na parazitu neke životinje, tzv. *hiperparazit*) i **trećeg reda**.

Cecidofagija je poseban vid ishrane. Podrazumeva hranjenje cecidijama (ili šiškama, galama) sa listova, stabljika ili izdanaka. One nastaju kada neki insekt, uglavnom su u pitanju muve (Diptera), ose (Hymenoptera) i stenice (Hemiptera) ubode legalicom ili rilom biljku (pretežno nerv lista ili mladi izdanak, tj. mesto sa dobrom protokom hranljivih materija kroz biljku) radi polaganja jaja u biljno tkivo, koje na mestu uboda počinje da buja (pod uticajem enzima koje je insekt izlučio), formirajući loptaste ili šišaraste gale i cecidije (sl. 106). U Indiji živi oko 3.000 vrsta izazivača gala. Osim insekata, gljive su često uzročnici.



Sl. 106. – Cecidije (<http://www.boxvalley.co.uk/nature/sns/org/projgall.html>)



Sl. 107. – Bogomoljka jede mužjaka
(<http://www.capturedphotons.com/gallery2/v/Macros/Mantis>)

Kanibalizam je pojava da se jedinke iste vrste međusobno jedu. Nekada je u pitanju pojava da stariji jedu mlađe, nekada ženke mužjake (poput bogomoljke, sl. 107), zdravi slabe i bolesne itd. Uglavnom se javlja kada je hrana u životnoj sredini u nedostatku. Ribice u akvarijumu mogu, pod specifičnim okolnostima, postati kanibali.*

Različiti uslovi treba da su ispunjeni da bi se životinje hranile na dva osnovna načina – **hranljivim supstratom i traženjem hrane**. Najjednostavniji su odnosi kod životinja koje jedu supstrat. Imaju dovoljno hrane, slabo su pokretne, pa su im i čula slabo razvijena (nemaju antene, ni složene oči, već poseduju ocele); npr. gusenica kupusara, minirajuće gusenice u stabljikama, larve strižibuba, larve potkornjaka, kišne glište, polihete itd. Da bi se ovakva ishrana omogućila na larvenim stupnjevima, roditelji vode brigu još pri polaganju jaja, ostavljajući ih usred hranljivog medijuma ili u njegovoј blizini.

* Antropolozi tvrde da je kanibalizam jedna od odlika istorije čoveka – najsigurnija potvrda su fosilne kosti, tačnije način njihovog razbijanja radi vađenja koštane srži.

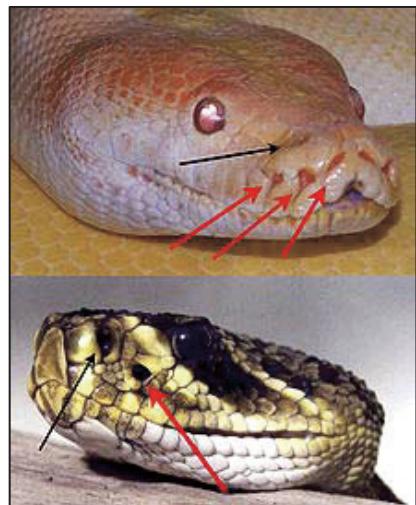
Međutim, ostale životinje moraju najpre da pronađu hranu, pa makar to bila i nebežeća biljka. U tu svrhu im koristi **hemijska (mirisna), orijentacija po boji, a nekim i topotna orijentacija**. Na primer gusenice gubara, pošto obrste jednu biljku, u koloni se po mirisu upućuju na drugu. Lovcima (predatorima) je, svakako, najteže – obrok im stalno izmiče. Lovac mora da bude brži od plena, ako želi da jede. Zato su, npr. grabiljivi puževi-golači brži i spretniji od kišnih glista ili gusenica koje su im plen. Oči lovaca moraju biti dobro razvijene (npr. kod larve mravlјeg lava). Neke životinje su za potrebe lova razvile i **specifična čula**. Tako npr. neke zmije koje love noću (ne žive kod nas) imaju na vrhu gubice senzore za infracrvene zrake (sl. 108), drugim rečima tim organom otkrivaju glodare po toplini. Ribe koje love leteće insekte gađajući ih mlazom vode su sa dvodelnim okom – gornji deo može da gleda kroz vazduh, a donji kroz vodu.

Ispitivanje plena ima određenu proceduru. Na lovca mogu stimulativno delovati pokreti, miris, zvuk ili ukus plena. Da bi lovac napao žrtvu potrebno je da ona miriše specifično. Na primer komarac ide na znojavog čoveka pre nego na manje oznojenog. Bubašvaba čulnim (mirisnim) dlačicama na maksilarnim i labijalnim sežnjacima saznaje da li je hrana koju dodiruje ona koju želi. Daždevnjaci i tritonи će uginuti, ako meso kojim ih hranimo u nedostatku mušica, nije počelo da vonja i ako se ne pokreće ispred njihovih očiju na dovoljnoj udaljenosti. Na zmiju stimulativno deluje žabino kreketanje dok je ona guta. Što se kišna glista više pokreće, daždevnjak će je pre proglutati. Neke lovce stimuliše ukus krvi preklane životinje.

Pošto pronađe hranu, lovac mora i da je savlada. Mačka mišu lomi kičmu; neki grabiljivi puževi (npr. morski kupasti puževi roda *Conus*), hobotnice, ose-najeznice, muve, pauci, škorpije, zmije i dr. u plen ubacuju parališući toxin. Da bi se otrov aktivirao, potrebno je da budu ispunjeni brojni uslovi. Hidre, npr., iako stoje jedna do druge i dodiruju se tentakulama, neće „ispaliti“ ni jednu žarnu čahuru jedna na drugu, dok će na prolazećeg planktonskog račića osuti „paljbu“. Zmija zmiju neće ugristi, a ni vuk vuka zaklati u normalnim okolnostima.

Rakun, srodnik medveda, živi pored reka u Americi. Voli da ispod rečnog kamenja traga za školjkama, koje potom razbijaju kamenom. Da bi zadovoljili ovu njegovu potrebu, u zoološkim vrtovima mu postavljaju bazenčić sa vodom, u koju on ubacuje komade mesa i tako ispoštjuje proceduru ishrane iz reke, kakvu ima u svojim prirodnim staništima (sl. 109). Mačka se igra ulovljenim mišem zbog potrebe za igrom. Njoj mrtav, nepokretan miš nije privlačan. Usled nepoznavanje navika pri hranjenju životinje u zarobljeništvu često uginu. Tako će mladi vrabac ugnuti, ukoliko mu se hrana u kavezu ostavi u posudi, jer on očekuje da ga još hrani majka.

Procedure ishrane su strogo određene za svaki organizam. Larve ose najeznice, koje se razvijaju u telu gusenice, će po tačno određenom redosledu jesti tkiva domaćina, održavajući ga u životu što je duže moguće (najpre mišiće, pa masno tkivo, a tek na kraju vitalne krvne sudove, traheje i nerve).



Sl. 108. – Specijalni senzori zmija za IC zrake
(http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared_sensing_in_snakes)



Sl. 109. – Rakun u zoovrtu
(<http://en.wikipedia.org/wiki/Raccoon>)

Ishrana se menja u toku života kod mnogih organizama tokom njihovog sazrevanja i starenja, ili je različita zavisno kod različitih polova (mužjaci komaraca se hrane biljnim sokovima, a ženke krvlju toplokrvnih životinja, dok su se kao larve i jedni i drugi hranili sitnišem i detritusom u vodi). Smena načina ishrane je često praćena reorganizacijom tela.

Po spektru u osnovi se razlikuju dva ekstremna vida ishrane – **monofagija** i **polifagija**. Monofagija je u prirodi retka. Ona može biti rizična i pogubna za vrstu, ukoliko nestane njena hrana. Oligofagi i polifagi mogu da uspešno kompenzuju nedostatak glavne hrane. Najčešće su životinje **oligofagi**.



Sl. 110. – Gusenica gubara
(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gypsy_moth_larva.jpg)

Gubar (sl. 110) je polifag – od 243 vrste biljaka koje su mu ponuđene, odbio je da jede samo 4–5. Polifage su i sve naše vrste skakavaca. Primano za lisicu je lovljenje pernate živine. Fekalije lisica su jedne godine bile pune ostataka skakavaca, umesto pilića, miševa, krtica i sl., jer je te sezone u izobilju bio prisutan taj, za njih inače alternativni izvor hrane. Lisica može pojesti i ježa, ukoliko uspe da ga otkotrlja u vodu i natera da se odmota, ili se pomokri na njega; zeca – ukoliko ga stigne; a ukoliko nema ništa drugo, jede i grožđe.

Ohridska pastrmka je poseban slučaj: najpre se hrani planktonom, a potom ribom (što nije njena tipična hrana), jer je u Ohridskom jezeru bila upražnjena ekološka niša grabljivih riba. Kada je doneta u Vlasinsko jezero, u nedostatku primarne hrane, ova pastrmka je počela da se hrani puževima, kojih je tu bilo u izobilju. Plastične (**eurifage**) vrste pronalaze dodatne izvore hrane (npr. postoje psi-jajare; ili, prenamnožene mačke na ostrvu, jedu ribe iz mora).

Stenofagi organizmi su čvrsto vezani samo za jednu biljnu ili životinjsku vrstu hrane, a **eurifagi** (omnivori) se hrane raznim vrstama hrane.

Zahtevi za hranom se razlikuju i od individue do individue. Kada se nađe u specifičnim uslovima organizam može da se adaptira na novi način ishrane. Od količine i kvaliteta hrane zavise morfologija i fiziološko stanje organizma. Pčele radilice su ženke koje su tokom razvića hranjene drugačije od buduće matice, tako da su im polni organi transformisani u otrovne žlezde. Slično se formiraju i jedinke različite veličine, snage i funkcije i u mravinjaku.



Sl. 111. – Krstokljun
(http://en.wikipedia.org/wiki/Loxia_curvirostra)

Vrsta menja načine ishrane, jer joj to prilagođavanje omogućava opstanak. Ponekad se radi smanjenja konkurenциje sa drugim vrstama opredelje za jednu vrstu hrane. Tako se ptica krstokljun (sl. 111) hrani isključivo šišarkama četinara, visoko je specijalizovana, posebnom građom kljuna, za tu vrstu hrane i niko joj u tome ne konkuriše.

Porast individua, njihovo zdravstveno stanje, brzina presvlačenja, plodnost, takođe su zavisni od uhranjenosti, tj. kvantiteta i kvaliteta hrane.

Kod nekih vrsta trofički faktori su determinatori pola. Ova pojava je naročito izražena kod hermafrodita,

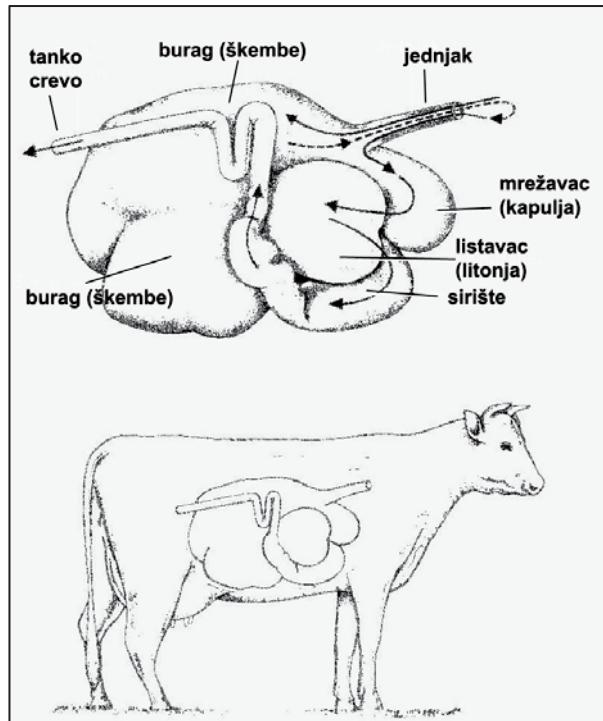
gde zavisno od hrane prvo funkcioniše muški, a potom ženski deo polnog sistema (*proterandrija*), ili obratno (*protoginija*).

Pošto je biljna hrana niskokalorična, preživari je moraju uzimati u velikim količinama. Moć iskorišćavanja hrane je veća kod mesojeda, pa oni potrebnu energiju dobijaju iz manje količine pojedene hrane. Molekulofagi su u još boljoj poziciji. Npr. medicinskoj pijavici (*Hirudo medicinalis*) je dovoljno da se jednom u tri do šest meseci nasiše krvi. Ženki komaraca, takođe.

Simbiofagija je simbiotska prehrambena saradnja različitih vrsta, često evolutivno vrlo udaljenih, u kojoj obe imaju koristi. Npr. životinje ne vare celulozu, međutim neke bakterije i gljive to mogu, pa se između njih razvija **trofobioza**. Preživari imaju višedelni želudac (sl. 112), u kojem su izgrađeni uslovi za život celulolitičkih bakterija, koje u zdrobljenoj biljnoj masi, dobro usitnjenoj, izmešanoj i temperiranoj razgrađuju celulozu.*

Ektosimbioza se može predstaviti primerom mravinjaka. Ispod kupe izbačene zemlje su 2–3 m duboko kanali sa brojnim komorama, koje su ili suve ili vlažne. U vlažnim komorama mravi puštaju semenke da klijaju, te one omešaju i postaju jestive. Kao „sladokusci“, mravi gaje biljne vaši: najpre ogole korenje biljaka i na njega nasele vaši; one sišu biljne sokove, i kasnije, u vidu fekalnog produkta, dražene pipcima mrava, ispuštaju mednu rosu, koju ovi rado jedu kao poslasticu (sl. 113). Mravi jedne kolonije čuvaju i od drugih mrava štite svoje vaši.

Endosimbioza (endotrofobioza) je u prirodi češća. Na primer, insekti ksilofagi – termiti, potkornjaci, strižibube, neki surlaši (poput žitnog žiška, sl. 73) i neki drugi tvrdokrilci grizu lignin, iako ne mogu da svare celulozu iz njega. Međutim, neke bakterije i gljive to mogu, pa se između njih i insekata razvija trofobioza. Insekti ne mogu da vare celulozu, ali je izdrome, omešaju pljuvačkom i naprave „pastu“ podesnu da u njoj žive mikroorganizmi sposobni da razlažu celulozu, koji ostavljaju insektima šećer. Stoga je insekte drvotočce, moguće sprečiti da izgrizaju nameštaj, ili drvnu građu, impregniranjem drveta antibioticima, koji im uništavaju crevnu floru. Odnos endosimbioze postoji i između preživara i celulolitičkih bakterija, kao i majmuna nosonje i njegove crevne flore.



Sl. 112. – Želudac preživara
(<http://www.biol.pmf.hr/e-skola/odgovori22.htm>)



Sl. 113. – Ektosimbioza mrava i biljnih vašiju
(http://en.wikipedia.org/wiki/Honeydew_%28secretion%29)

* Slično, višedelni želudac i duga creva, ima i majmun-nosonja *Nasalis larvatus* sa ostrva Borneo (Indonezija), jer se hrani teško svarljivim lišćem mangova drveća, pa mu stomak predstavlja četvrtinu telesne mase (http://en.wikipedia.org/wiki/Nasalis_larvatus).

4.2.7. Biotički faktori

Biotički faktori su svi složeni međuodnosi koji postoje u prirodi, a zavise od direktnog ili indirektnog uticaja drugih organizama. Odnosi mogu biti među jedinkama iste vrste u populaciji, odnosi predatora i plena itd. Veze se uspostavljaju i između mikroorganizama i makroorganizama. Biotički odnosi su složeniji od odnosa organizma sa abiotičkom sredinom.

Svi biotički odnosi (relacije) mogu se svrstati u tri grupe:

- **odnosi samoodržanja** – svaka individua ima ugrađene mehanizme (instinkte) koji joj obezbeđuju što duži opstanak. To su zapravo autekološki odnosi;
- **odnosi između individua iste vrste (homotipski odnosi ili intraspecijske relacije)** su jednostavniji;
- **odnosi između individua različitih vrsta (heterotipski odnosi ili interspecijske relacije)** su veoma raznovrsni.

Samoodržavanje i zaštita

Svaka individua se bori za sopstveni i opstanak svoje vrste. Uopšteno, odbranbeni sistemi se mogu podeliti na pasivne i aktivne, a po tipu na mehaničke, hemijske i ostale.



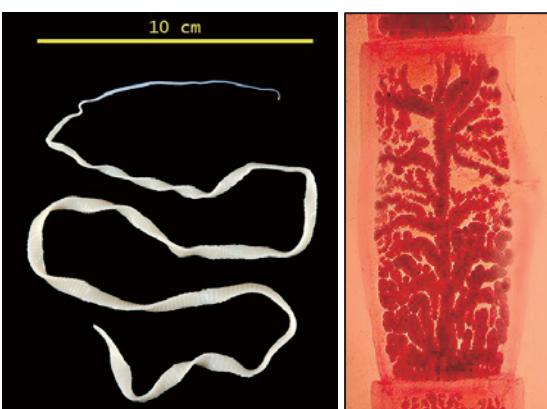
Sl. 114. – Afrički slon (http://www.safariguide.co.uk/images/gallery/elephant_chobe.jpg)

Plodnost je prvi odnos samoodržanja. Plodnost je rezultanta biološkog potencijala vrste da se množi i brine za potomstvo sa jedne strane, i sa druge strane brojnosti neprijatelja (predatora, parazita i patogena) i drugih vidova otpora sredine.

Slon (sl. 114) nema prirodne neprijatelje predatore, pa je njegova plodnost mala. Slonovi su inače velike štetočine, pošto lome drveće. Ukoliko bi se prenamnožili narušili bi sredinu u nenadoknadivoj meri. Slično njima, pošto gotovo da nemaju protivnika, orlovi, supovi i lešinari godišnje nose samo po jedno jaje. Nasuprot su, glodari (Rodentia) kadri da se kote svaka dva meseca, jer imaju veliki broj neprijatelja (orlovi, sove, lisice, vukovi, kojoti, mačke, zmije i dr.). Mišica ima 5–6 nakota godišnje. Slično i zečica.

Zemljišni tvrdokrilci Pselaphidae polažu najviše dva jajeta godišnje, a žive više godina. Razviće je partenogenetsko, jer je populacija jako razređena, tj. mužjaci i ženke se retko susreću.

Pantličara (sl. 115) ima veliki broj polimerizovanih polnih sistema (hermafroditni komplet u svakom proglotisu). One su, prave fabrike jaja. Čitava njihova građa i potrošnja energije su usmereni ka što većoj produkciji jaja, budući da treba obezbediti da pute smene domaćina i životnih sredina bar neke jedinke prežive. Ima i drugih rešenja. Takođe hermafroditan, «srodnik» pantličare, metilj, ima samo jedan polni komplet, ali



Sl. 115. – Svinjska pantličara – cela i jedan proglotis
(http://www.med.cmu.ac.th/dept/parasite/cestode/Tsolium_whole_worm.htm i <http://www.med-chem.com/para/prob%20of%20month/IMAGES/Taeonia%20solium,%20grav%20proglottid.jpg>)

je „uveo“ izvesno partenogenetsko razmnožavanje – položeno jaje koje uspe da uđe u potreb-

nog domaćina. U ciklusu razvića larvi se višestruko bespolno umnožava – tako se od npr. 500 jaja dobije 50.000 jedinki, koje dalje šire infekciju.

Sve su ovo primeri opstanka i brige roditelja za potomstvo putem **povećane plodnosti**.

Briga za potomstvo je odnos vezan za plodnost. Vrste koje daju manje potomaka, imaju izraženiju brigu za potomke. Na primer, Astacura je grupa rakova u koju spadaju i jastozi. Jastog polaže milione jaja sićušnih kao seme maka, pošto se potom ne stara o njima, tj. prepusta ih samima sebi na brigu (sama se razviju u planktonske larve, pa po neka preživi predatore). Rečni rak, međutim, polaže srazmerno malo jaja (do 200), ali ih ženka nosi zapepljena na plejopodama sve dok se ne izlegu, tj. dok se u jajnoj ljuspi ne završi razviće.

Zaštita potomstva koju životinja sprovodi je genetski kodirana. Ako mi (veštački) užgajamo pticu, on će kada odraste raditi sve svojstveno njegovim srodnicima, budući da je to nasledio, a drugi deo navika je naučio boravkom u okruženju.

Mehanička i hemijska zaštita podmlatka, kamuflažna obojenost jaja ili njihovo aktivno skrivanje i čuvanje od strane roditelja su neki vidovi zaštite podmlatka. Pastrmka polaže jaja u čistoj, hladnoj vodi ($8-10^{\circ}\text{C}$), u gornjem delu ritrona. Najpre mužjak iskopa rupu u pesku. Ženka ispusti jaja u tu rupu, a mužjak ih potom prelije mlečom. Neoplodenja jaja pobele. Mužjak i ženka zajedno peskom pokriju jaja da bi ih zaštitili od drugih riba (peša *Cottus*, brkice *Noemacheilus*), larvi insekata (Odonata, Ephemeroptera, Plecoptera), vodenih stenica i drugih. Istoj familiji (Salmonidae) pripada i *Coregonus wartmanni* iz Severne i Centralne Evrope, koji ne zatrپava jaja. Međutim, pastrmka na 500 g telesne mase polaže u proseku 1000, a *Coregonus* čak 15.000 jaja.

Jaja mrene i petromizona u opni sadrže **otrovne materije**, pa ih neprijatelji izbegavaju. To je hemijska zaštita.

Isopoda račići polažu samo dva jajeta, koja нико ne dira.

Velika krastača *Bufo bufo* u sluzi polaže i do 5000 jaja. Sluz drži jaja u vezi sve dok se ne izlegu punoglavci. Osim toga sluz sadrži i baktericide koji sprečavaju razlaganje i napade mikroorganizama. Sluz sadrži i druge zaštitne materije, pa nikо ne jede ta jaja. Žabe koje žive na drveću (poput naše gatalinke) u Papui i Novoj Gvineji, kače o grane iznad vode oplođena jaja, u sluzavom omotaču, izlažući ih suncu. Ptice ne diraju jaja. Toplotu primljena od Sunčevih zraka daje dovoljno energije za početak razvića punoglavaca. Ukoliko bi ta jaja bila položena u vodi, bilo bi im hladno i trebalo više vremena za razviće, a sve vreme bi bila izložena masi neprijatelja. Punoglavci se nesmetano razvijaju u toj higroskopnoj peni. Tek zreli punoglavci izluče materije koje rastvore penu i ispadaju u vodu. Ženka žabe primalje *Pipa americana* (sl. 116) nosi oplođena jaja u udubljenjima na leđima. Stoga je dovoljno da položi svega 5–6 jaja.

Zaštita jaja može biti i u vidu čvrstih ili impregniranih **omotača**. Na primer jaja leptira imaju jak horionski omotač, kako bi se zaštitila od osa najeznica.

Neke vrste jaja odlažu na **nepristupačnim mestima**. Tako neki skakavci mandibulama raseku list i snisu jaja, potom zalepe list i on opadne, a jaja u njemu dozrevaju. Drugi jaja ostavljaju ispod kore, kamenja i sl. Bube surlaši iz familije Rhynchitidae se zovu cigaraši, jer ženke jaja odlažu u list jove ili tople, koji su prethodno pripremili specifičnim sečenjem tako da formira „cigaru“. Larva se hrani izgrizajući „cigaru“ iznutra, a pri tome je i zaštićena.

Često jaja štiti sama majka. Stonoga se obavija oko položenih jaja štiteći ih.

Visoki stepen brige za podmladak pokazuju pauci koji sa sobom nose jaja, a potom i mladunce upakovane u paučinastu vreću.



Sl. 116. – *Pipa*

americana

(<http://www.noahworld.org/en/encyclopedia/species/58>)

163)

Bubašvaba bežeći otklanja opasnost od mlađih skrećući pažnju na sebe. Kada dovoljno sazru, ona ih ostavlja na skrovitom, topлом, vlažnom i mračnim mestu.

Mužjak australijske čurke (koke-humkašice) sakuplja ogromne gomile trave (više kubnih metara), koja truli i oslobađa se toplota. Ženka polaže jaja u tu gomilu i odlazi. Mužjak čuva jaja (preokreće ih da se bolje inkubiraju) sve dok se ne izlegu, a potom vodi piliće.

Što je vrsta ugroženja, jače se brani biotičkim mehanizmima. Muve mesare zagade meso gotovim larvama (ne jajima, jer bi se meso moglo raspasti ili osušiti dok se iz jajeta izlegu larve). Kod njih se u vagini ženki iz jajeta razvijaju larve, koje se hrane vaginalnim sekretima, a izbace se napolje tek kada muva nađe povoljnu sredinu za njihov smeštaj. U pitanju su tzv. muve-živorotke.

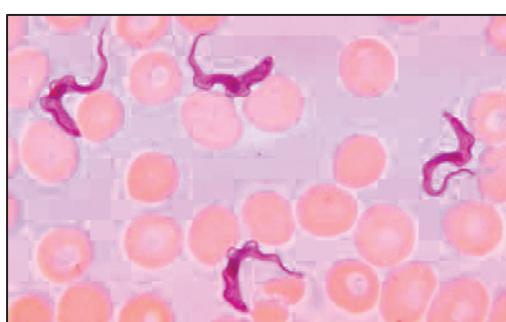
Jedan od načina samozaštite od razmnožavanja parazita je ***pasivna rezistencija***. Vidra (sl. 117) je sisar koji se pretežno hrani ribom. Ribe su često zaražene pantličarom *Ligula intestinalis*. Pošto se iz jajeta pantličare razvije larva koracidium, potrebno je da je pojede prelazni domaćin, planktonski račić, da bi se u njemu preobratila u procerkoid. Naredni domaćin je riba u čijem crevnom sistemu se razvija plerocerkoid. Ovaj stadijum izaziva atrofiju mišića, zaustavlja dovod krvi u jetru i gonade domaćina. Pošto vidre jedu ribu, pa i zaraženu, očekivalo bi se da se u njima ciklus razvića pantličare dovrši. Međutim, zbog nepovoljne pH-vrednosti u njenim crevima, plerocerkoid propada.



Sl. 117. – Vidra *Lutra lutra*
(http://www.hlasek.com/lutra_lutra_8125.html)

Pantličare ptica se ne mogu održati u žabama, iako i ptice i žabe jedu istu, inficiranu hranu, jer je žabama niža telesna temperatura. Kada su žabe držane u termostatu na 40–42°C (telesnoj temperaturi ptica), plerocerkoidi su se razvijali.

Encistacije i enkapsulacije su vid ***pasivne mehaničke odbrane***. Kokon svilene bube je primer, kao i oklopi kornjača, rakova, tvrdokrilaca, ciste parazitskih protozoa, sprudovi koral, krečnjačke cevi u koje se uvlače polihete, kućice puževa i školjki, cevčice koje grade larve Trichoptera, bodlje ježeva, spikule sundera, žarne ćelije Cnidaria, dlake na telu nekih gusenica. Telo domaćina (npr. svinje) reaguje braneći se na ulazak larvi trihine u muskulaturu, tako što nastoji da ih inkapsulira (čak i dopunski obloži kalcijum-karbonatom) i tako spreči prodor toksina u tkivo. Slično tome, leptiri, kada u njih prodrnu nematode, luče oko njih lepljivu materiju i tako ih inaktiviraju, ostavljajući ih pritom u životu.



Sl. 118. – Trypanozoma
(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Trypanosoma_s_p._PHIL_613_lores.jpg)

Imunitet je jedan od vidova ***aktivne rezistencije***. Tako su zbog izgrađenih imunobioloških procesa neki organizmi zaštićeni od krvnih parazita. Goveće *Bos taurus* u Africi strada od bolesti spavanja, čiji je uzročnik protozoa bičar *Trypanosoma* (sl. 118). Antilope u istom podneblju žive nesmetano sa tripanozomom u sebi, jer su evolucijom stekle rezistenciju.

Mnoge životinje luče materije kojima se štite ili u samom telu sadrže toksine. To je tzv. ***hemijiska zaštita***. Tvor čini da svi beže od njega. Stenice smrdibube imaju parne smrdljive žlezde na bokovima toraksa iz kojih luče sekrete kada ih nešto uznemiri. I neki pauci luče narandžastu ili zelenu tečnost otrovnu za ptice. Meso čavki i vrana je smrdljivo. Mnoge kišne gliste u klitelumu imaju otrovne materije, pa se plovke i kokoši često uzdržavaju da se njima hrane.

Životinje sa izgrađenim mehanizmom hemijske zaštite su uglavnom upadljivo, opominjuće obojene (*aposemija*). Mnogo je primera. Daždevnjaci u epidermu imaju žlezde koje luče materije koje nadražuju kožu i sluzokožu eventualnih napadača, a boje su crne, sa upadljivim žutonaranđastim flekama. Tvor je taman, sa belom prugom duž leđa. *Dytiscus marginatus* (gnjurac) je krupan, vrlo grabljiv tvrdokrilac. Živi u barama, tamnomaslinast je, ali ima upadljivu svetlu liniju, koja obrubljuje elitre – tako upozorava npr. vodene kornjače da ga ne diraju. Kada su u eksperimentu kornjače hranili izmrvljenim gnjuncima, one su imale trovanje steroidima, jer je koncentracija ovih materija bliskih polnim hormonima u gnjuncima 10–100 puta veća nego i u bikovima.

Osa ima „oružje“ – žaoku, kojom u žrtvu ili napadača unosi hemijski otrov. Uz to obojena je prugasto žuto-crno. Zmije otrovnice su sve upadljivo obojene (npr. koralna zmija,), kao i otrovni pauci (sl. 58b), puževi i dr. Upadljiva boja upozorava da životinja ima neki vid zaštite i može biti opasna. U Indiji žive izuzetno otrovne zmije veličine do jednog pedlja, a jako isprugane. U Americi u šumama, na lišću, žive žabice sa kojih su Indijanci skidali kurare otrov čačkajući njihovu kožu strelicama za lov.

U prirodi 95% od životinskih vrsta koje su upadljivo obojene imaju opasne sisteme odbrane. Ostalih 5% ih imitiraju obojenošću (*kriptička sličnost, Batezijanska mimikrija* ili *lažna upozoravajuća obojenost*), i tako se štite, a zapravo ne poseduju pravu hemijsku zaštitu. Neke neotrovne zmije imaju šare kao otrovnice, a ako ih uhvatimo samo ispuste fekalije.

Otrovi su u prirodi prilično prisutni. Neiskusni napadači će samo jednom pogrešiti, jer će ili naučiti da je taj „zalogaj“ neukusan, ili biti usmrćeni. Inače otrova ima nekoliko tipova: jedni nadražuju sluzokožu (menjuju joj pH), drugi razaraju belančevine (enzimi), neki deluju na nervni sistem. Uopšte po nameni otrovi mogu biti napadački i odbranbeni. Glavno je da kakvi god bili, oni domaćinu ne škode, dok u drugim organizmima aktiviraju ili inhibiraju neke procese.



Sl. 119. – Neka oružja životinja: a – žaoka *Vespa crabro*, b – zubi psa i c – klešta raka
 (a - <http://www.biolib.cz/IMG/GAL/9272.jpg>, b - <http://www.dogpetgroomingsupplies.com/pet-bonding-with-owner/dog-dental-care/> i c - http://en.wikivisual.com/images/9/96/Krafta_pa_brygga.jpg)

Neke životinje se aktivno brane **oružjem** – žaoke, otrovni zubi, otrovne bodlje, klešta (sl. 119) i sl. Prve žbice u perajima mnogih riba su otrovne (u bazi luče otrovne belančevine) i tamno obojene. Ne mora oružje biti u vezi sa otrovnom žlezdom. Primeri su zubi, nokti, kandže, kljunovi, bodlje, klešta rakova, nakostrešena peraja riba, ali za zastrašivanje služe i naduvavanje tela (tropske ribe *Tetraodontidae* u opasnosti se naduju i isture bodlje, pa deluju kao da su dva do tri puta veće) i slična blefiranja (proizvodnja zastrašujućih zvukova npr.). Mačka, kada joj priđe pas, napravi grbu kako bi izgledala veća. Ptice kostreše perje (npr. pevac na vratu). Bogomoljka napola otvori krila, pogotovo vrste koje na krilima imaju šaru u vidu oka. Ugrožena kobra širi kožu iza glave kako bi izgledala veća i strašnija. Ugroženi rak okreće klešta ka napadaču, preti, mada često ne ume da se odbrani. Zvečarka na repu ima krljušti kojima proizvodi zvuk kada je uznemirena. Kričanje ptica treba da zbuni i odagna protivnika. Majmuni se deru, vreče i kada se međusobno prepiru.

Izvesni načini zaštite bi se mogli okarakterisati kao **vatreno oružje**. Jednoćelijski *Paramecium* izbacuje rabdite; planarije slično. Žarnjaci imaju žarne kapsule – knide. Stonoge luče razne otrovne i neprijatne materije. Neke vrste tvrdokrilaca familije Carabidae (trčuljci), potfamilije Brachininae, imaju pravu „artiljeriju“. Iako su velike samo 5–15 mm, bombarduju

napadača uz prasak i oblaćić dima (sl. 120). Zato ih zovu bube-bombarderi*. Ponašanje bube-bombardera opisao je još 1796. godine sveštenik Vilhelm. On je primetio da je zvuk „paljbe“ ovih insekata sličan pucnju pištolja. Vazduh se posle „paljbe“ malo zagreje i oseća se miris baruta. Mogu „pucati“ 2–3 puta uzastopce.



Sl. 120. – Afrička buba-bombarde *Stenaptinus insignis*

(modifikovano: http://scienceblogs.com/afarensis/2006/02/22/icons_of_creationism_the_bomba/)

Šta se stvarno događa tom prilikom utvrdio je za vrstu *Brachinus explodens* nemački hemičar Šildkneht sa saradnicima. Iz posebne žlezde se u jedan mešak oslobađa vodonik-peroksid u koncentraciji do 28%**. Pitajte je kako životinja uspeva da izdrži takvu koncentraciju ovog jakog oksidativnog sredstva! U

isti mešak se izlučuje i hidrohinon. Kada se buba-bombarde oseti ugroženom, ona smešu H_2O_2 i hidrohinona ubrizga u tzv. komoru za eksploziju. U tu komoru se iz brojnih sitnih žlezda izlučuje i smeša enzima, koja ima ulogu detonatora (taj sekret izaziva eksploziju i kada se kapne u epruvetu u kojoj je rastvor hemijski čistog vodonik-peroksida). Jedan od tih enzima je katalaza. Ona dovodi do trenutnog razlaganja vodonik-peroksida na vodu i gasoviti kiseonik. Oslobođeni O_2 dovodi do naglog i jakog povećanja pritiska. Usled toga, skoro do ključanja zaređana tečnost se kroz otvor komore za eksploziju izbacuje u okolinu, pri čemu se čuje prasak. U ovoj burnoj reakciji se oslobađa prilična toplota (temperatura u komori je 100°C). Još nije jasno kako se trčuljak ne oprzi, tj. ostaje nepovređen, jer „đule“ je od vrelih i korozivnih hemikalija. Osim toga, u sekretu-detonatoru nalazi se i enzim peroksidaza, koji dovodi do pretvaranja hidrohinona u otrovni benzohinon, koji ima nadražujuće osobine jer lako reaguje sa belančevinama. Za čoveka je ovo hemijsko oružje bezopasno, pošto se radi o majušnim količinama.*** Neki drugi trčuljci umesto hidrohinona koriste metil-hidrohinon, koji prilikom eksplozije prelazi u jednakot otovan toluhinon. *Broscus cephalotes* upotrebljava salicil-aldehid, *Platynus dorsalis* metilsalicilat, guseničar *Calosoma sycophanta* metakrilnu kiselinu, a drugi alifatične ketone, fenole i druga jedinjenja.

Neke životinje su razvile sistem odbrane žrtvovanjem nekog dela tela (**autotomija**). Gušter otkine rep, ukoliko ga uhvatimo za njega. Međutim, uvek ga na istom mestu deli, jer je to mesto upravo za tu svrhu podešeno (sl. 121). Rep ostaje da se pokreće, odvlačeći pažnju sa guštera, koji u međuvremenu pobegne. Kasnije rep polako regeneriše, ali ne baš kakav je bio. Insekti uglavnom odbacuju noge (skakavac ubačen u morilku često odbaci sve noge). Morski krastavac izbaci celo crevo, a kasnije ga regeneriše. Kišne gliste mogu regenerisati dobar deo



Sl. 121. – Autotomija repa guštera
(<http://www.dnr.state.wi.us/eek/critter/reptile/lizardsOfWisconsin5.htm> i
<http://thestickytongue.files.wordpress.com/2010/04/caudaulautom1.jpg?w=150&h=150>)

* U srednjoj Evropi, kao i kod nas, rasprostranjeno je nekoliko predstavnika. Trčuljci iz roda *Brachinus* su sitniji (4,9 do 10,2 mm), dvobojni - pronotum je crven, a pokrioca plava. Stanovnici su otvorenih staništa, livada. Mogu se sresti danju, po sunčanom vremenu, po puteljcima i sličnim mestima. Radi prezimljavanja se ponekad okupljaju u velikom broju na skrovitim mestima. *Aptinus* su krupniji (9,5 do 15 mm), tamnosmeđe do crno obojeni. Vrsta *Aptinus bombarda* je planinsko-subalpska. Ona se u velikom broju može naći po Srbiji. Živi po šumovitim staništima.

** Podsećamo da "koncentrovani" vodonik-peroksid, koji se industrijski proizvodi i u trgovinu dolazi pod imenom "perhidrol", sadrži 30% H_2O_2 . U medicini i kozmetici koriste se uglavnom 5-10 procentni rastvori.

*** Slično kod tvrdokrilaca familije kusokrilih tvrdokrilaca Staphilinidae, funkcioniše sistem za mlazno vraćanje na čvrstu podlogu ako upadnu u vodu (inače su hidrofobne, ne mogu da potonu), jedino što se kod njih proizvode materije tipa kamfora, kojima se menja površinski napon i insekt strelovito izbacuje van vode.

tela, ali ne i segmente sa polnim organima. Mnoge polihete lako odbacuju epitokni deo tela.

Mehanizmi autotomije i regeneracije su dosta složeni. I kod raka je anatomska unapred određeno mesto na članku gde će se otkinuti noge – kutikula je tu tanja, a da kroz ranu ne bi istekla hemolimfa (pošto ona ne sadrži elemente koji bi izazvali koagulaciju!), kroz lumen ekstremiteta je poprečno postavljena dijafragma, koja sadrži samo sitni otvor za prolaz krvnih sudova i nerva. Stoga će rak, bez obzira što mu je zdrobljen samo vrh ekstremiteta, tu nogu otkinuti zatezanjem posebnog mišića, baš na ovom, specijalno pripremljenom mestu. Ako izvedemo eksperiment i na ekstremitet opijenog raka okačimo teg, trebaće kilogram i više da bi se on otkinuo, a može da se otkine i na pogrešnom mestu. Međutim, ako izolujemo preparat od mišića aktivatora autotomije, teg od samo nekoliko grama će biti dovoljan da prelomi nogu. Kod nas je sistem zaštite od gubitka telesne tečnosti drugačiji: rana se skuplja što je više moguće, krv koaguliše, rana zarasta; ili koža obuhvata iglu kojom je ubodemo, a po izvlačenju igle, otvor se zatvara.

Mimikrična sličnost (sličnost sa podlogom) spašava mnoge životinje. Evolucijom je veliki broj vrsta životinja podesio boju i/ili oblik tela prema okolini (sl. 122). Leptiri uglavnom imaju boju cvetova, jer su najugroženiji dok sišu sokove. Gusenice i skakavci su često zeleni, jer borave na lišću. Arktički zec je leti sivkast, a zimi sasvim beo. Alpska sova takođe. Šare na životnjama nisu uvek aposemične. Mogu biti kriptička sličnost, ali i mimikrija. Tako se konture šarenog skakavca gube na šarenoj podlozi. Ovo i čovek koristi – ratni brodovi su uvek višebojni da se ne bi jasno razaznavao njihov oblik. Mimikrično obojeni skakavac ima crvena letna (donja) krila, koja služe za „efekat nestajanja“. Slično, krila ptica kada lete su jedne, a kada slete druge (kamuflažne) boje, adekvatne sredini.



Sl. 122. – Boja i oblik tela u funkciji samozaštite (mimikrija) na primeru lisice, polarne sove i cvrčka
(<http://oakdome.com/k5/lesson-plans/powerpoint/animal-camouflage-pictures-and-information.php>)

Mnoge telesne tečnosti sadrže **baktericidne i fungicidne materije** (npr. sluzokoža oka, suze, hemolimfa kišnih glista koja obliva, vlaži i spira spoljašnjost tela izlivajući se kroz dorzalne pore). Puž luči dve vrste sluzi – jednu čvrstu, rastegljivu, kojom se pričvršćuje (adhezivna sluz) i drugu, koja smanjuje trenje. Obe sluzi sadrže belančevine. Čak ni posle nekoliko dana stajanja sluzavog traga na otvorenom, gljive ni bakterije ga ne naseljavaju, kao ni samu životinju. Žabe su ljigave. Ribe takođe. Antibiotski sastav ovih sluzi nije ni izdaleka proučen. Kod kopnenih organizama rožni sloj kože je zaštitni, a mogu mu pomagati masne i druge izlučevine. Međutim, kod ljudi leti često ovaj sloj ovlaži između nožnih prstiju, pa se tu nasele gljivice i bakterije i prave dermatološke probleme.

Samozaštita je moguća i **udruživanjem sa »opasnim« vrstama**. To je vid mutualizma. Tako, nešto morski rakovi na sebe postave sasu i tako se dopunski štite njenim žarnim baterijama (sl. 123).



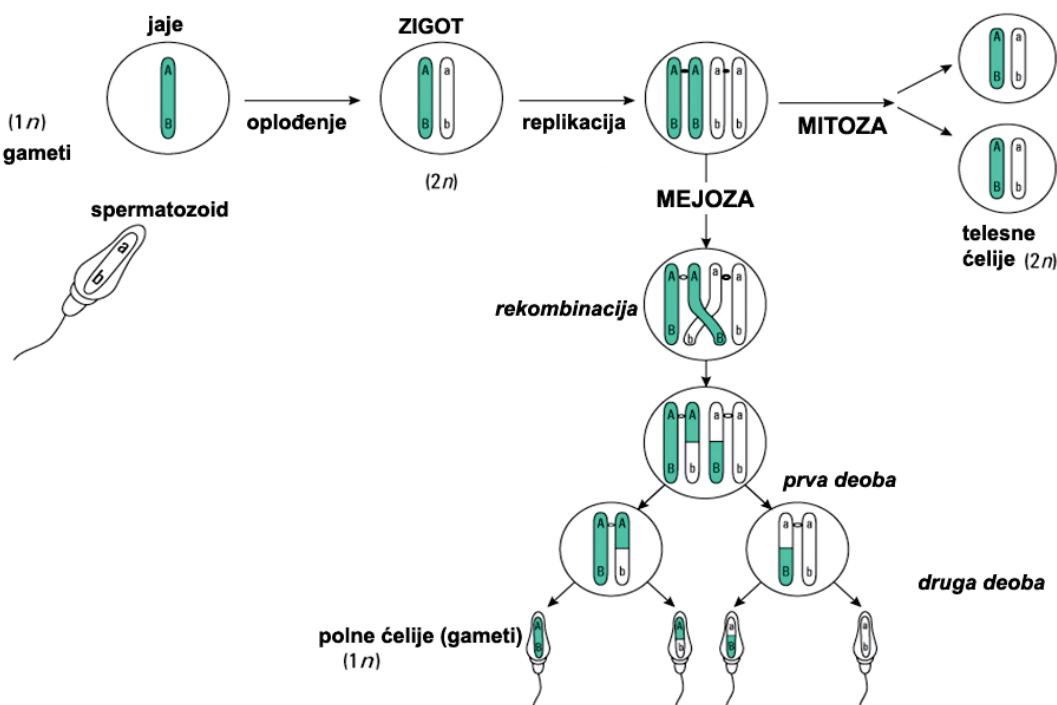
Sl. 123. – Zajednica morske krabe i sase (izvor slike nepoznat)

Homotipski (intraspecijski) odnosi

Intraspecijski (homotipski) odnosi vladaju među individuama iste vrste. Mogu biti pozitivni (stimulišući), ali i negativni (konkurentski). Osim toga, razlikuju se odnosi između polnih partnera, odnosi u grupi, u rangiranju itd.

Potreba za polnim razmnožavanjem

Bespolno razmnožavanje uvećava broj selekcijom već odabralih organizama. Ono je neophodno npr. mnogim protozoama, jer veliki broj jedinki strada recimo zbog promene temperature, nepovoljnog saliniteta i sl., a mali broj preživelih isključivo polnim razmnožavanjem ne bi stigao da se namnoži u dovoljnom broju pre nove promene sredine, pa se zato, kada se našao tip kombinacije osobina koji odgovara uslovima, on razmnožava pupljenjem, merognijom, šizogonijom i dr. vidovima bespolnog razmnožavanja. U osnovi svih vidova bespolnog razmnožavanja je ćelijska deoba mitoza (sl. 124).



Sl. 124. – Oplođenje, mitoza i mejoza

Kod tzv. viših organizama je znatno složenija konstitucija i fiziologija, izgrađena je unutrašnja sredina, pa nema bespolnog razmnožavanja. Dakle, većina genetičkih sistema je dvočlan, te tako ima polno razmnožavanje. Pri tome se stalno nanovo kombinuju svojstva i izlažu dejstvu prirodne selekcije. Drugim rečima, polnim razmnožavanjem je omogućeno podešavanje svojstava vrste prema uslovima sredine preko produkcije velikog broja varijanti kombinacija. Dovoljno je manje od 1% povoljnih kombinacija među potomcima, pa da se svojstvo koje oni imaju proširi. Zasniva se na formiraju polnih ćelija (gameta) sa polovinom genetskog materijala, tj. na ćelijskoj deobi zvanoj mejozi (sl. 124).

Polno razmnožavanje traje duže od bespolnog. Energetski, polno „košta“ daleko više.

Za polno razmnožavanje najpre je potrebno da se partneri **sinhronizuju**, tj. da im isto-vremeno sazru polni produkti, i da se nađu na istom mestu. Za ovo je potrebno mnogo energije. U tu svrhu sve polne zrele individue sa jednog područja (iz jedne populacije) pristupaju pripremama (nagomilavaju u telu energetska materijal u vidu masti, sala i sl.; sinhronizuju sazrevanje polnih žlezda i polnog aparata, na šta mogu uticati temperatura i svetlost koja preko

oka i neurosekretornog sistema stimuliše sazrevanje). Brojni insekti čim se poslednji put presvuku i postanu imagu, počinju fazu žderanja. Sve ribe se pred mrest ugoje. Petromizon (kolousta) čim postane polno zreo, do smrti se više ne hrani (stoga su larve krupnije od adulata).

Susret partnera (mužjaka i ženke) predstavlja novi problem u toku razmnožavanja. Da bi se okupile na jednom mestu, polno spremne jedinke formiraju stada, jata, krda i sl. grupacije. Svim članovima populacije unapred mora biti poznato mesto okupljanja. Kineske krabe (vrsta preneta iz Žutog mora u Zapadnu Evropu; sl. 125) odlaze čak 135 km uzvodno od ušća reka (Rajne, Majne i dr.), gde žive sve dok ne sazru. Potom prvo mužjaci preduzimaju migraciju nazad ka ušću, tu prepreče put i sačekaju ženke. Jaja se odlažu kod ušća, a jedinke koje su završile reprodukciju se vraćaju uzvodno, pri čemu neke i uginu. Mesta sastanka i faktori agregacije su različiti – svetlost, zvuci, mirisi, hrana i dr.

Kada se životinje okupe, one nisu odmah spremne za razmnožavanje, jer polni produkti nisu sasvim zreli (u protivnom oni bi propali, ako partner zakasni), već je njihovo sazrevanje zaustavljeno u završnoj fazi. Dovršetak zrenja polnih produkata je moguć tek nakon što ih partner stimuliše. Različitim životinjama su bitne različite **stimulacije**: optičke - osmatranjem izgleda partnera (ptice, ribe, svici); mirisne feromonske stimulacije (dozrevanje jaja u ženki može biti u odsustvu mužjaka izazvano i unošenjem samo njegovog mirisa u sredinu gde je ona); akustičke stimulacije (rika jelena privlači koštu, kukurikanje petla kokošku, zrikanje zrikavca, cvrčanje cvrčka i sl.); stimulacije do dirom. Čovek se u izboru partnera uglavnom stimuliše upotrebo očiju, a pas njuhom.*

Specijalne ljubavne igre su takođe vid stimulacije. Svaka vrsta ima svoju „svadbenu“ igru, koja znači nešto samo pripadnicima njene vrste, čime se predupređuje eventualno pogrešno ukrštanje (sl. 126). Smisao igara je etološki. Mužjak paun širi rep i kočoperi se. Druge ptice okreću glavu, klepeću krilima, kljunom, šljapkaju po vodi. Mužjaci riba, već specijalno obojeni, brzo plivajući, u posebnim pozama šire peraja u vidokrugu ženki.

Nije svaka ljubavna igra zbog direktnе kopulacije. Nekada igra mužjaka navodi ženku da se polnim otvorom postavi iznad spermatofore koju je on odložio. Na primer, mužjak pseudoškorpija u vidu čiode položi spermatofor na tle; ženka dođe i uvuče je u sebe. Znači, nema direktnе kopulacije. Slično čine i daždevnjaci.

Neke vrste radi sparivanja imaju i **materijalne pripreme**. Na primer, mužjak ženki donese dobar komad hrane, ili pravi gnezdo kojim će je zadiviti (sl. 127). U proleće od ptica selica prvo stignu mužjaci, zaposednu teritorije, a tek 1–2 sedmice kasnije dođu ženke i biraju



Sl. 125. – Kineska kraba

Eriocheir sinensis

(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/EriocheirSimensis1.jpg>)



Sl. 126. – Ljubavna igra japanskog ždrala *Grus japonensis*

(http://www.otistarda.org/a/xiangguanwuzhong/tonggangdebao/tupianji/2010/0107/30_25.html)

* Mužjaci vaptiti jelena u Jeloustonskom parku se u jesen, nakon borbe za harem guranjem sa suparnikom, uplenenih rogova, nakon pobjede, prskaju po trbuhi sopstvenom mokraćom, kako bi održali na okupu ženke svog harema, pošto mokraća svakog mužjaka miriše drugačije. Za razliku od njih, mužjaci losa se ne bore za ženke, već čine sve da izgledaju što impozantniji, krupniji i prilaze izabranici mumlajući. Dve kišne gliste ne mogu da se vide, ali se ipak nađu posredstvom drugih atraktanata. Ženke nekih noćnih leptira imaju radarske antene kojima namirišu seksualne atraktante mužjaka i na 5 km.

partnera zavisno od mesta koje je on izborio. Mužjak kljunaste muve (Mecoptera) *Panorpa communis* pred parenje onemogućava ženki da stigne do hrane (uginulih insekata, pogotovo njihove glave), a sam se hrani intenzivno. Ženka u tom periodu dobro izgladni. Željna hrane požudno sleće na lopticu polusvarene hrane koju mužjak povrati kako bi je namamio, kada želi da se pari. Dok se ženka hrani, mužjak kopulira (pari se) sa njom. Što je loptica veća, to je duži odnos.

Parenje (kopulacija) i oplodnja životinja su često vremenski udaljeni procesi. Broj, učestalost i dužina parenja zavisi od toga koja je vrsta u pitanju. Među vrstama koje žive više godina postoje razlike. Ima životinja koje se jednom u životu pare, dok druge to čine i više puta godišnje. Svaka vrsta ima određen period života u kom je najspremnija za parenje, a usaglašen sa potrebom da potomci dođu na svet u najpovoljnijim uslovima godine. Na primer, jeljen je samo jedan mesec u godini zainteresovan za parenje, ali se pre toga dugo priprema.

Odnos partnera može, zavisno od dužine života i broja razmnožavanja, biti privremen (za svako parenje novi partner) ili stalni (bračni, kao npr. kod orlova, čavki, vrana). Na primer, mužjak vilin konjic strpljivo čeka iznad vode da ženka, sa kojom se pario, izleti nazad (pošto je pažljivo u biljne stabljike odložila oplođena jaja), kako bi ponovo imao odnos sa njom (sl. 128). U protivnom bi mu je drugi mužjak preoteo.



Sl. 127. – Gnezda ptice tkalje
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:PMontezumaNests03.jpg>)



Sl. 128. – Vilini konjici
Ischnura elegans u parenju
(<http://www.forum.biolog.pl/konkurs-fotograficzny-forum-biolog-pl-vt15102-15.htm>
foto Kamil Przychliński)

(neki insekti sa ishrane biljnim sokovima prelaze na parazitski ili epizojski život i ishranu visokokaloričnom hranom, npr. krvlju raznih domaćina).

Insekti koji nisu kopulirali žive kraće. Mužjaci trihine uginu odmah po kopulaciji.

Postkopulacioni efekti zavise od vrste kojoj životinje pripadaju. Briga za potomstvo je jedan od njih, ali se kod nekih vrsta dešava i kanibalizam partnera.

Briga za potomstvo

Medvedica ne dopušta mužjaku da se približi mečićima, bez obzira koliko su njih dvoje bili bliski u periodu priprema za razmnožavanje. Razlog je što bi svojom grubošću mužjak lako ugrozio mladunce.

Ima i obratnih slučajeva. Mužjak australijske čurke-humkašice napravi u fazi pripreme ogromne kupove trave. Ženke u njih posle oplodnje polože jaja (do 40) i potom ih mužjak otera. On sam pokrije jaja i vodi brigu do izleganja. Trava polako truli, oslobođajući toplotu potrebnu za inkubaciju jaja.

Mužjaci indomalajskih rajske ribice vrste *Macropodus opercularis* ili sijamskog borca *Betta splendens* iz familije Osphronemidae prave penasta plivajuća gnezda, u koja potom nateruju ženke da u njih snesu jaja, sami se uopšte ne hrane dežurajući uz leglo (čuvaju potom i mlade ribice, a kada se neka udalji pažljivo je usisavaju u usta i vraćaju nazad u bezbednost). U slučaju opasnosti svu mlađ uzimaju u usta i sakrvaju, ne progutavši pri tom ni jednu. Takođe, i mužjaci riba familije Anabantidae prave penu na površini, i nateruju ženke da tu polože jaja.

Mužjak morskog konjica *Hippocampus* sp. „rađa žive mlađe“, koji odmah žure ka površini kako bi progutali vazduh i napunili riblji mehur, te mogli da nastave da žive.

Nekada oba partnera učestvuju u brizi za potomke. Primera ima mnogo, naročito među pticama. Recimo, ženka i mužjak pingvina se smenjuju u čuvanju mladunca. Mužjak i ženka balegara *Scarabaeus* sp. zajedno valjaju lopticu od balege, koju uteruju u svoju rupu u zemlji i ženka tek tada stimulisana mirisom balege polaže jaja u lopticu. Izlegle larve se hrane balegom, unutar loptice.

Kod leptira kupusara, naprotiv, sva briga za potomstvo je svedena na polaganje jaja na obilje adekvatne hrane za mlađe.

Osa najeznica dugo traži domaćina u koga će sneti jaja, a kada ga oseti, dugom legalicom buši drvo tačno na mestu ispod kog je izabrana larva-domačin, koja će biti gnezdo i hrana njenim mладuncima, i tada niz legalicu, kao kroz oluk, ubacuje jaja u žrtvu. Time se osina briga za potomstvo završava. Iz jaja se izlegu larve, koje polako izjedaju tkiva još uvek živog domaćina. Cecidofagi takođe moraju pažljivo naći biljku domaćina na kojoj će izazvati rak tkiva u koja će usaditi svoja jaja.

Tvrdochirici surlaši-cigaraši (familija Rhynchitidae) od lista biljke domaćina prave „cigaru“, u kojoj se razvija larva.

Kanibalizam

Ogleda se u tome da ženka pojede mužjaka [pauk crna udovica, bogomoljka (sl. 107) i dr.]. Ovo je ekonomski gledano korisna pojava, jer bi preživljavanje mužjaka nakon obavljenе funkcije samo otežalo ženki život, pošto bi zahtevalo više truda u pronalaženju hrane, a i rizik da i sama, zajedno sa jajima u sebi, bude pojedena.

Partenogeneza

Partenogeneza je razviće embriona iz neoplodene jajne ćelije (partenos gr. = devica; genesis = rađanje). Zastupljena je kod insekata (vaši, pčele, neki tvrdochirici), rakova (Copepoda, Anostraca), rotatorija, protozoa, a i kod nekih guštera. Obligatna (obavezna) partenogeneza je zastupljena npr. kod račića *Daphnia* i *Artemia*, pri čemu se dobija isključivo žensko potomstvo, koje se opet razmnožava devičanski.

Partenogenetom se uglavnom dobija manji broj mužjaka. U pitanju može biti arenotokija ili telitokija. **Arenotokija** na primeru medonosne pčele (*Apis mellifica*) izgleda ovako: iz oplođenih jaja se razvijaju ženke, a iz neoplodnih haploidni mužjaci – trutovi. Nasuprot ovoj pojavi je daleko ređa **telitokija**, gde se iz neoplodnih jaja razvijaju ženke (koje, stoga, brojčano dominiraju), a iz oplođenih mužjaci. Telitokija je zabeležena kod pojedinih Hemiptera, Acrididae i Phasmidia. Izuzetno retka pojava je **amfitokija** ili **deuterotokija** gde se oba pola razvijaju i iz oplođenih i iz neoplodnih jaja (tada ekološki faktori fenotipski određuju pol). Amfitokija je zastupljena kod nekih biljnih vaši, leptira roda *Orgyia* (iz familije Lymantriidae) i familije Psychidae.



Sl. 129. – Svilena buba
(*Bombyx mori*)
(<http://www.wormspit.com/bombyxsilkworms.htm>)

Kod fakultativno (neobavezno) partenogenetskih vrsta (npr. svilene bube, sl. 129) potomci se razvijaju i iz oplođenih i neoplođenih jaja.

Carassius carassius (zlatni karaš) se kod nas sreće samo kao ženka. On ima specifičnu partenogenezu. Iz neoplođenih jaja se razvijaju ženke, sve genetski iste. Aktivaciju jaja može izvršiti sperma bilo koje vrste riba, koja prodre kroz jajnu opnu i stimuliše haploidno jaje da se brazda i da embrion identičan sa majkom.

Život u društvu i teritorijalnost

Životinje (pljosnate crve, neke ribe, insekte, kitove i dr.) odlikuje pojava **teritorijalnosti** (sl. 130). Veličina teritorije potrebne jedinku za normalno življenje je odlika vrste. Nekim vrstama su potrebne desetine kvadratnih kilometara, a drugima manje od jednog pedlja. Veličina teritorije zavisi od dimenzija životinje, pokretljivosti, potreba za hranom i drugog. Ako je teritorija sužena prisustvom drugih pripadnika iste vrste, jedinka je ugrožena, pa se u populaciji kao regulatorni faktor uključuje izostanak razmnožavanja. Neke vrste su samotnjaci (orlovi, ris i druge mačke, kuna, stonoge *Lithobius* sp. i dr.) i mogu tolerisati prisustvo druge jedinke suprotnog pola samo kratko, dok traje polni period. Na primer kućna mačka deluje umiljata i pitoma, a mogla bi Vam odgristi prst. Ako joj dovedemo drugu mačku, neće skrivati agresivnost – obe će se kostrešiti, tući.



Sl. 130. – Teritorijalnost australijske ptice

Morus serrator

(<http://www.ozanimals.com/Bird/Australian-Gannet/Morus/serrator.html>)

Biljojedi (npr. ovce, koze, divokoze, jeleni) su češće u grupi. Druželjubive životinje (npr. čavke, ili ovce) ne podnose samački život. Međutim, antilope, iako žive u krdima, ne trpe međusobni dodir, pa su jedna od druge na udaljenosti od po nekoliko metara. Ako su zbivene javljaju se negativni fizički i psihički efekti – prestaju da se hrane, pare, menjaju ponašanje. Ovce, pak, vole da su zbijene, da se dodiruju.

Postoje i brojni prelazi, kada se životinje povremeno ili privremeno okupljaju, uglavnom u nevolji*, zbog parenja, podizanja potomstva, migracija. Vinogradski puž je u bašti danju otprilike na istom mestu, ali noću šeta praveći štetu. Stonoge takođe. Zrikavci se ne trpe, čak jedan drugog pojede, ako su dve – tri ulovljene jedinke zajedno u teglici, dok u prirodi nećemo naći skravce da se „kolju“, jer je svaki ograničio svoju teritoriju.

Kod nekih vrsta je fleksibilna veličina teritorije. Recimo, medved i medvedica imaju sopstvene teritorije, a zajedno su samo kada se pare.

Obeležavanje (markiranje) teritorije se

vrši na različite načine. Jedan je markiranje fekalijama za datu vrstu bitnih objekata na granici

* Vukovi se zimi okupljaju u čopore, koji se raspadaju čim grane proleće i bude više hrane na raspolaganju. U marševima vučjih čopora sve jedinke se smenjuju na čelu, s tim što onaj koji je predvodio kolonu, kada se umori odlazi na začelje.

teritorije date jedinke ili grupe. Evo još nekih primera. Mačke imaju veoma aromatičnu mokraću (sl. 131), pa njome obeležavaju teritoriju, a mužjaci u analnom predelu imaju žlezdu koja luči voštanu materiju jakog mirisa. Papkari između papaka imaju žlezde, koje ostavljaju mirise. Medveđa jazbina jako zaudara. Insekti mogu jedenjem hrane na graničnoj zoni izgriženog ostaviti svoj miris. Vilini konjici imaju tačno definisanu individualnu teritoriju, koju striktno brane.

U sužanjstvu, neretko, životinje prestaju da se razmnožavaju, zbog nedovoljne teritorije za normalnu egzistenciju.

Život u grupi pruža niz pogodnosti: zaštitu (npr. krave u krdu odolevaju vukovima); lakšu odbranu; podelu posla (jedan divojarac se ispenje na uzvišenje i osmatra, dok ostali članovi zajednice mirno pasu; u čoporu majmuna više mužjaka ima stražarski zadatku; kod socijalnih insekata podela rada omogućava formiranje zimskih rezervi hrane); kooperaciju (lakše dolaženje do hrane, lakšu brigu o potomstvu); lakše pronalaženje partnera za kopulaciju, jer je lakša stimulacija i polno sazrevanje uz mirise, boje i oglašavanja jedinki suprotnog pola; stimulaciju rasta i bolje zdravstveno stanje*.

Oглаšавање ili javljanje je jedan od oblika pozitivne atrakcije u grupnom efektu. Skakavci se oglašavaju da bi se održali na dovolnjem rastojanju jedan od drugog, da se grupa ne bi raspala, već da bi održala brojnost i raspored individua, i polnu atrakciju. „Pesme“ se menjaju zavisno od poruke koja se šalje. Ako jednog uplašimo, on prestaje da peva. Kada prvi zapeva, lančano svi počinju pesmu. Detlić kljunom kuca u drvo, jer nema dobro razvijene glasne žice da bi pesmom dozvao ženke (sl. 132). Termiti-ratnici javljaju celoj koloniji lupkanjem ukoliko im je termitnjak oštećen.

Postoje razna udruženja životinja. Jedna podela bi mogla biti prema veličini udruženja na familijarna, populacijska i prelazna. Veličina grupe je evolutivno izgrađeno svojstvo vrste.

Familijarno društvo je, npr., zajednica lavova koju čine dve do tri ženke, jedan mužjak i njihovo potomstvo (sl. 133)**. Oni žive u posebnim hijerarhijskim odnosima. Obično ženke idu u lov, a mužjak ostaje „kod kuće“ i čeka da mu donesu ulov, jer je on zbog svog izgleda upadljiviji i griva mu otežava kretanje. Ako i mužjak učestvuje u lovnu, on tada služi da skrene pažnju plena na sebe i tako ga odvrati da uoči ženke koje stežu obruč oko plena i spremaju napad. Veće društvo, od recimo, 50 lavova, ne bi moglo da bude efikasno.

Nasuprot lavovima, mala društva mrava, od samo 15 do 30 jedinki, su veoma retka.



Sl. 132. – Detlić
 ([http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dendrocopos_major_1_\(Marek_Szczepanek\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dendrocopos_major_1_(Marek_Szczepanek).jpg))



Sl. 133. – Lavljja porodica
 (<http://www.asknature.org/images/uploads/strategy/1c86df7d9b3d8bec8945ca5910ecad/fbc552ec15f82ab02e7162e8a0123e15.jpg>)

* Ovce u stаду bolje napreduju nego pojedinačno, jer u nedostatku **socijalne atrakcije** padaju u tzv. **socijalnu depresiju**, iako bi se očekivalo suprotno pošto nema konkurenkcije; jagnje često trči za čovekom, ako ovce nisu u blizini.

** Ove socijalne grupe se na engleskom nazivaju prides, što može da potiče od engl. pride = gordost, ponos, ali i jato.

Odnosi se usložnjavaju ako društvo čine osim roditelja i dece i unuci. To su **proširena familijarna udruženja**.

Krupni travojedi se udružuju u **društva na nivou populacije** (krdo, stado). Tu su odnosi veoma složeni. U polnim odnosima postoji specifičan režim kojim se sprečava ukrštanje u srodstvu (npr. mužjaci koji su se parili bivaju oterani na periferiju populacije, tako da se u središtu stalno menja genetička struktura).

Život u društvu zahteva višu nervnu delatnost i viši socijalni odnos.

Međutim, život u društvu ima i loših strana. Broj polnih partnera u grupi je kontrolisan. Određene vrednosti veličine grupe su stimulativne za jedinke članice, ali se preko određene granice menja ponašanje zbog narasle kompeticije (takmičenja) i konkurenčije (suparništva). Ako se pređe granica podnošljive veličine grupe, grupa dolazi u opasnost i da propadne (leminzi, skakavci i sl.) zbog povećane smrtnosti. Kada se prenamnože skakavci, koji u normalnim okolnostima u skokovima ne prelaze više od dva metra, postaju proždrljivi, počinju seobe i prestaju da se razmnožavaju. Brašneni crv, kada je u velikoj masi, vrši intoksikaciju cele sredine. **Intoksikacija sredine** ne mora uvek biti u smislu ekskrecionih materija koje truju sredinu. Može biti npr. zvučna, kao kod skakavaca u masi.

Rangiranje u društvu

Rangiranje u društvima životinja je jako bitno. Život u društvu traži specijalne odnose kojima se sprečava nepovoljno ukrštanje, održava odnos polova, obezbeđuje zaštitu podmlatka, odstranjuju bolesni i slabici itd. Na primer, maslinasti pavijani* (sl. 134) na periferiju krda postavljaju mlade mužjake kao stražu, a u centru su noseće ženke i ženke sa podmlatkom. Između su stariji mužjaci i glavni mužjak, nosilac vlasti, koji komanduje krdom i sve su ženke njegove. Ostali stariji mužjaci mogu da se sparaju sa ženkama, a mlađi mužjaci ne, već ostaju na periferiji grupe. Mlađi mužjaci se tako podvrgavaju selekciji, jer su braneći koloniju stalno ugroženi, pa slabici, spori i nesnažljivi bivaju eliminisani. Postepeno se iz grupe mlađih mužjaka selektivno vođa i njegovi pratioci. Ženke, zaštićene



Sl. 134. – Maslinasti pavijani (*Papio anubis*)
(<http://www.ul-sauer.de/tanzania2005/lakemanyara.htm>)

u centru grupe, ne podležu ovakvoj selekciji, osim mortaliteta.

Pčelinje društvo se zasniva na specifičnim odnosima. Od momenta izleganja adultna pčela-radilica menja poslove do kraja svog života. I kod mrava i termita su rangirane životinje po pravima i obavezama, što omogućava život i individualnost zajednici.

Prasići na farmi se međusobno izrangiraju, tako da jedni uvek imaju prednost, a drugi se izmiju. I u krdu krava je izrangiran redosled pojenja – ona koja je poslednja, uvek je poslednja. Ako u dvorištu ima više petlova, jedan je glavni, a svi ostali su inferiorni. Nama su obično nejasni kriterijumi za rangiranje u životinjskim društvima. Da li je to snaga? Ako se prasićima pridoda novo, počeće tuča dok se ne izrangiraju nanovo i tako odrede položaj pridošlice. U eksperimentu je majmunu sa periferije dato ogledalo, kojim je on baratao. Automatski je u očima ostalih u grupi postao „glavni“. Inače bolje rangirani članovi grupe imaju bolju hranu, prednost na pojilu, pri izboru polnog partnera i sl.

* Maslinasti pavijani su bezrepi majmuni sa psećom njuškom i crvenim stražnjicama. Žive u Tanzaniji. Stanovnici su savana i ne vole da se veru po drveću.

Heterotipski (interspecijski) odnosi

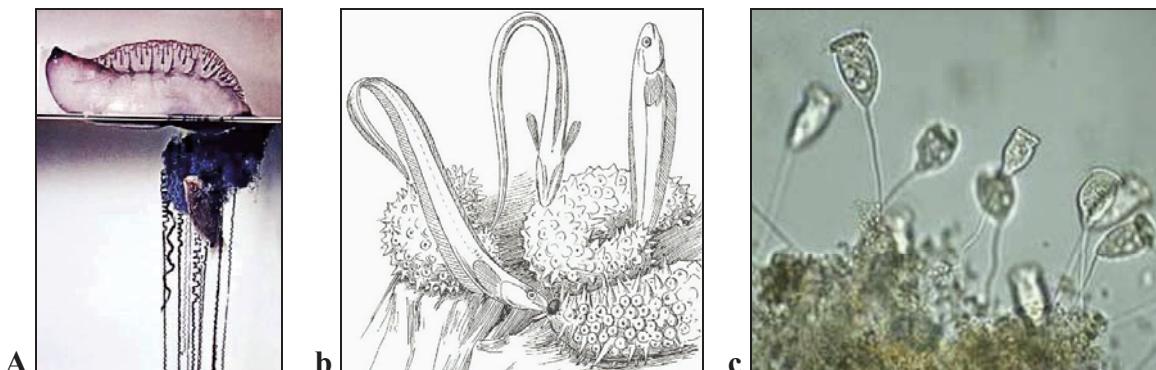
Između individua i populacija različitih vrsta, koje dele neki životni prostor, uspostavljaju se trajne interakcije. Ti odnosi su veoma raznovrsni. Nastaju radi zadovoljavanja potreba ishrane, zaklona, stanovanja itd.

Svi heterotipski odnosi su najmanje dvostrani, mada u prirodi ima i multipnih odnosa. Po tome da li je uzajamno dejstvo obostrano ili jednostrano, pozitivno, neutralno ili negativno, interspecijske dvostrane odnose možemo podeliti u tri grupe:

- probioze,
- simbioze i
- antibioze.

Probioze

Probioze su dosta česti odnosi u prirodi između najrazličitijih organizama. U njima jedna strana nema nikakvu štetu, a ni korist, drugim rečima indiferentna je, dok druga ima koristi (simbolično izraženo 0+). Probioze mogu biti parokija, entokija, epokija, forezija i komensalizam.



Sl. 135. – Probioze: a – parokija, b – entokija i c – epokija

(<http://media.photobucket.com/image/nomeus%20gronovii/metalmaniac37/Man-O-War.jpg>,
<http://www.briancoad.com/dictionary/dicpics/inquiline.htm> i <http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/PCD0263/htmls/77.html>)

Parokija je odnos u kom jedna vrsta traži zaštitu druge, koja i nije svesna da štiti prvu (sve jedno joj je). Tako ptice grade gnezda blizu osinjaka ili gnezda stršljena, jer tako svoje mladunce bolje štite od napadača. Sifonofora zvana portugalska krstarica *Physalia physalis* L. lovi ribe žarnim baterijama. Sitne ribe roda *Nameus* spretno izbegavajući žarne ćelije koriste ovu meduzu da se kriju u njenoj blizini (sl. 135a). Slično tome neki zrikavci rado borave na koprivi, jer su tu zaštićeni.

Entokija označava vezu životinja koje se skrivaju u jazbinama i rupama, ili telesnim dupljama drugih životinja u slučaju opasnosti ili nevremena. U Americi zato neke ptice rado obitavaju blizu jazbina lisica, jazavaca, kao i neki insekti, koji se tako spašavaju od krtica, rovčica i dr. insektivora. Riba *Fierasfer acus* se skriva u crevo morskog krastavca *Holothuria tubulosa*, ako je ugrožena, ne pričinjavajući mu nikakvu štetu, a „znajući“ da njega niko ne napada (sl. 135b). U kanalima morskih sunđera živi bogata fauna rakova, poliheta, oligoheta, zmijuljica i dr. Pošto imaju mek zadnji deo rakovi-samci se mogu zavući, ne oštećujući ih, u ogromne školjke periske (*Pinna nobilis*). Poseban vid entokije je korišćenje praznih ljuštura morskih puževa od strane rakova-samaca.

Epokija označava pojavu da na površini jednih žive druge životinje, ne oštećujući ih. Sesilne i polusesilne životinje često koriste druge organizme kao podlogu, obezbeđujući tako efikasniju ishranu. Na primer, mnoge vrste jednoćelijskih zvonaca roda *Vorticella* (sl. 135c), žive na rubovima sifona školjaka (na mestu gde školjka usisava vodu), koristeći tu povoljnu poziciju za uspešnije hranjenje. U plaštanju duplji školjaka žive mnogi neparazitski organizmi, koji tu lako dolaze do hrane, pošto školjka filtrirajući hranu za sebe ne iskoristi baš sve, a pruža im i za-

titu. Na škržnim listićima raka su jednoćelijske suktorije i cilijate, koje se hrane česticama iz vode koju rak uvlači u škrge. Račje pijavice nisu paraziti, tj. ne hrane se rakom, već algama, larvama insekata i drugim na šta naiđu dok ih rak nosi. One žive isključivo na rakovima. Na površini korala živi specifična fauna, koja ih koristi kao supstrat i zaklon. Često su morske sesilne životinje (Bryozoa, morske sase, Entoprocta, ascidije i sl.) specijalizovane da žive samo na određenim organizmima.



Sl. 136. – Probioza: forezija
(http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/_view/er.aspx?path=BCE&name=38250.jpg)

(*pictorum*) forezijom (zakačene za ribe) raširene u svim okolnim tokovima. Moguće je da one pri tome i parazitiraju, hraneći se epitelom riba. Sitne slatkvodne školjke iz familije Sphaeridae (*Pisidium*, *Sphaerium* i *Musculium*) se nekada nađu u šumskim izvorima (na Kajmakčalanu je na 1500 m nadmorske visine nađen *Pisidium*). Stigle su forezijom, posredstvom daždevnjaka, tritona, žaba, uglavnom tako što su kapcima svoje ljuštare priklještile stopalo svoga prevoznika. Slično se veliki broj grinja prevozi muvama i drugim insektima, pticama, sisarima. Zahvaljujući tome savladale su i vodene barijere (koje, inače, same ne bi mogle, jer niti plivaju niti lete) i na taj način prelazile sa arhipelaga na arhipelag u Indijskom okeanu. Mravi transportuju mnoge vrste i unose ih u mravinjak. One mogu biti paraziti, koji se, uneti u mravinjak, otkače od prenosioca i mogu da jedu mravlja jaja i larve, ali to mogu biti i vaši koji mravi gaje. To su kombinovani odnosi, gde forezija prethodi parazitizmu, odnosno trofobiozi (u slučaju biljnih vašiju).

Odnos forezije je aktivan, jer životinja koja treba da bude preneta bira, tj. traži baš potrebnog transporteru, a ne penje se na bilo koga.

Komensalizam je odnos koji je obično u vezi sa ishranom. U njemu jedan organizam koristi prednosti u ishrani drugog. Na primer, lav sakrije ostatke plena, a drugi (insekti, ptice lešinari i sl.) ga potkradaju, ali, iako svoju potrebu za hranom sasvim namire, ne prave velike štete lovcu, pa lešinari redovno prate lavove na izvesnom rastojanju. Ili drugi primer: sitna grinja može sedeti na čelu mravu, pridržavajući se za njegove antene; čim mrav jede i ona siđe i jede isto to, ali ne smetajući mravu i ne pričinjavajući mu neku naročitu štetu. Takođe, ako su zajedno dve vrste bakterija, *Escherichia coli* i *Clostridium* sp. (prva je aerobna, a druga anaerobna) uspevaju obe da rastu, pošto prva koristi kiseonik iz sredine i tako uspostavlja anaerobne uslove za rast druge.

Simbioze

Simbioze su dvostrani, obavezni odnosi, u kojima obe strane imaju korist (++). Veza može biti toliko čvrsta, da jedna vrsta ne može živeti ako se odvoji od simbiontske. To su tzv. obligatne (obavezne) simbiontske veze. Osim tako jakih, postoje i povremene simbioze (npr. alijanse). Simbioze su veoma zastupljene. Javljuju se i na relaciji životinja–biljka, biljka–biljka, mikroorganizam–životinja, mikroorganizam–mikroorganizam (populacije metanogenih bakterija su zapravo simbiontske asocijacije) i dr.

Mutualizam, trofobioza i simfilija su vidovi jakih simbioza.



Sl. 137. – Simbioze - mutualizam: a – lišajevi, b – kolibri i cvet, c – mikoriza (rasad smrče sa i bez mikorizne gljive) (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lichen-covered_tree,_Tresco.jpg, <http://www.sylke.hoefner.info/grafik/Kolibri.jpg> i Miller, 2007)

Mutualizam je specifičan odnos uzajamne koristi, ali ne podjednake između dveju vrsta. Mutualističke veze su obligatne za oba organizma (vrste), tj. ni jedna nije kadra da opstane bez one druge. Na primer, lišajevi (sl. 137a) su intimna asocijacija gljive i jednoćelijske alge. Najčešće navođeni primer mutualizma je odnos oprasivača i biljaka cvetnica. Insekti, kolibri (sl. 137b), neki slepi miševi i dr. životinje hraneći se nektarom i polenom, usput koriste biljkama cvetnicama oprasujući ih. Biljke su, u dugoj koevoluciji sa oprasivačima, cvetove podesile tako da oprasivanje bude što efikasnije. Uništenje životinja-oprasivača bi dovelo do izumiranja velikog broja biljaka-cvetnica, jer bi one prestale da plodonose i da se razmnožavaju*. Mikorizna veza viših biljaka i gljiva je takva da bez gljive biljka jedva opstaje, ili izumire, a isto važi i za gljivu (sl. 137c). Za razliku od obligatnog, u prirodi postoji i fakultativni mutualizam (pogledati alijansa, protokooperaciju).

Trofobioza je simbioza u vezi sa ishranom. Preživari (sl. 112) kao i ksilofagi insekti i njihova crevna flora su u odnosu simbioze. Prva životinja drobi celuloznu hranu i drugoj olakšava da je razloži do polisaharida i saharida, koje prva može da koristi.

Kunići proizvode dva tipa ekskremenata – suve i meke (pokrivenе sluzavom oponom). Meke fekalije oni ližu neposredno sa anusa i gutaju ih. Dokazano je da je meki deo izmeta kunića obogaćen vitaminima (pre svega B₁₂) i belančevinama, a sadrži najveći broj simbiontskih celulolitičkih mikroorganizama (10 milijardi bakterija po gramu izmeta). Utvrđeno je da kunići lišeni mogućnosti da koriste meki deo izmeta sporo napreduju, mršave, više obolevaju, gube prostornu orijentaciju itd.

Bubašvaba u zadnjem crevu ima specijalizovane praživotinje, gregarine, koje ne mogu nigde drugde da žive. Stonoge, takođe, imaju svoje gregarine.

Lisna vaš se hrani biljnim sokovima, a ugrožavaju je bubamare i zlatooke. Pošto vaš kao fekaliju luči šećer koji mravi vole (sl. 113), oni ih štite od napadača na izdancima biljaka. Neke vrste vašiju mravi čak i neguju u svojim nastambama, postavivši ih u prethodno očišćene komorice oko debljih korenova biljaka, da bi mogle nesmetano da sišu biljne sokove i proizvode poslasticu za njih.

Simfilija je npr. simbiontski mutualistički odnos mirmekofilnih insekata i mrava (sl. 138a). Ti insekti (uglavnom tvrdokrilci Staphylinidae i dvokrilci) luče iz kožnih žlezda neke materije potrebne ili atraktivne mravima, a oni im uzvraćaju hraneći ih i štiteći. Mirmekofilni insekti se, stoga, mogu naći isključivo u mravinjacima. Mravi ih tolerišu, iako ti mirmekofili jedu gljive koje mravi gaje za sebe, ili čak i mravlja jaja i larve.

* Živo obojeni plodovi biljaka su često hrana ptica. One ih vare, iskoristivši perikarp i izbacujući semenke sa fekalijama, čak i 100 km daleko od mesta hranjenja.



a



b

Sl. 138. – Simbioze: a – simfilija (*Adranus* sp. u leglu *Lasius* sp. mrava) i b – alijansa (<http://www.myrmecos.net/insects/Adranes2.JPG> i <http://www.krugerpark.com/wildlife-hippopotamus.htm>)

Alijansa ili savez (**protokooperacija**) je povremen, neobavezan simbiontski odnos. U pitanju je, zapravo, **fakultativni mutualizam**, gde obe vrste imaju korist, ali ni jedna nije isključivo zavisna od te veze. Tako npr. žirafe i slonovi povremeno pasu zajedno. Slonovi su „tvrđi“ na čulima da bi osetili opasnost. Žirafe imaju bolju preglednost i počinju da beže, te tako i slonove upozore na opasnost. Slonovi se okupljaju i organizuju odbranbeni stav, štiteći tako i žirafu.

Ima još mnogo primera protokooperacije među životinjskim vrstama. Rak samac na kućicu puža u koju se uselio smešta žarnjaka anemonu i tako sebe štiti da ga ribe ne pojedu. Anemona pri tome ima obezbeđen prevoz i povećanu šansu za efikasnije nalaženje hrane. Krokodil zine kada izade na obalu, a galebovi mu čačkaju zube, vadeći zaostale komadiće mesa koji krokodilu smetaju. Druge ptice mu sa leđa skidaju pijavice i ostale parazite, hraneći tako sebe krokodila oslobođaju od napasti. Stoga krokodili ponekada čak i izlaze iz vode da bi tako bili čišćeni. Isto rade i nilski konji (sl. 138b). U savani gnuu ptice skidaju sa kože krpelje i insekte. Odnos se prekida čim gnua nešto uplaši. Kod nas ptica žuta pastirica (*Motacilla flava*) trebi ovce od krpelja i drugih ektoparazita. Goveda takođe imaju svoje ptice „higijeničare“. U Australiji je jedna vrsta papagaja, koja je nekada samo trebila iz vune ovaca insekte-parazite, postala štetna jer je kidala vunu da bi jela salo.

Obostrano korisni privremeni savezi se u prirodi mogu uspostaviti i između organizama iz različitih carstava. Na primer jednoćelijske alge roda *Zoochlorella* snabdevaju produktima svog metabolizma (kiseonik i ugljeni hidrati) mnoge životinje sa kojima žive u simbiozi (protozoe, sundere, dupljare, turbelarije, briozoe, rotatorije, anelide, ascidiye, jaja amfibija i dr.), odajući toplotu i određujući pH vrednost sredine, dok domaćini algama obezbeđuju ugljen-dioksid i azotne ekskrete.

Dve vrste bakterija (*Escherichia coli* i *Streptococcus faecalis*) učestvuju u biološkoj razgradnji proteina do putrescina, u crevnom traktu toplokrvnih životinja tako što prva prevodi arginin u agmatin, a ornitin u putrescin, ali ne može da ove reakcije spoji, tj. da hidrolizuje arginin u ornitin, za šta je sposobna druga vrsta. Znači, u sredini sa argininom transformacija do putrescina je moguća samo u prisustvu obe vrste.

Antibioze

Antibioze su odnosi gde jedna strana ima korist, a druga štetu (+–). Mogu se podeliti na epizitije (predatorstvo), kompeticije, parazitizam, patogenije, sinektrije i amenasle znamenje.

Epizitija (predatorstvo) je odnos predatora i plena, gde jedan organizam uništava drugog u cilju ishrane (sl. 139). Na primer, kobac – ptice pevačice (vrapce, češ-



Sl. 139. – Epizitija (predatorstvo) – orao mišar *Buteo buteo* sa plenom (http://www.pbase.com/omar_brannstrom/image/55654749/original)

ljugare i dr.). Pošto godišnje strada 81% novoizleglih, znači da svake godine gledamo drugu generaciju vrabaca na televizijskim antenama.

Kompeticija je aktivno ili pasivno takmičenje dva organizma ili grupe organizama pripadnika različitih vrsta koji dele isti životni prostor, u zadovoljavanju potreba za hranom (npr. love isti plen), prostorom i dr. U pitanju je interakcija između individua iste ili različitih vrsta na istom trofičkom nivou, pri čemu razvoj i opstanak jedne ugrožava drugu. Kompetitivni mehanizam može biti direktni i aktivan, kao u alelopatiji (koju ovde tretiramo pod antibioza amensalizam), ili indirektni, kada je zajednički resurs oskudan. Kompeticija prethodi bilo zameni jedne vrste drugom, bilo modifikaciji obe vrste putem selektivne adaptacije. Ona doprinosi evolutivnom odvajanju bliskih vrsta. Kompeticiju objašnjava **princip isključenja** (tzv. Gauzeov princip), po kom dve ili više vrsta koje imaju zajedničke potrebe ili koriste iste resurse ne mogu živeti zajedno u stabilnom odnosu, već će se jedna bolje adaptirati i eliminisati drugu.

Parazitizam je odnos u kom parazit postepeno iscrpljuje domaćina, tj. „živi na račun kamate“, ne dovodeći ga do „bankrota“ odmah, za razliku od epizitije gde predator brzo oduzima život plenu. Parazit može imati različite koristi od domaćina: hrani se njime (takov parazit se zove **biotrof**), koristiti ga kao zaklon (sklonište) ili zadovoljavati neke druge potrebe (poput kukavice, sl. 140). Šteta koju domaćin trpi može biti od zanemarljivo male pa do bolesti i smrti. Međutim, šteta koju parazit nanosi domaćinu kao jedinki ne znači da je taj odnos štetan i po evoluciju vrste domaćina. On, naprotiv, može stimulisati adaptacije u populaciji domaćina.

Prema mestu gde parazitiraju, paraziti mogu biti **egzoparaziti** ili **endoparaziti**.

Egzoparaziti su na površini tela domaćina (ektoparaziti) (npr. buva, sl. 105), u mokraćnim putevima i prednjem delu respiratornog sistema. Na primer, larva slatkovodne školjke *Unio* je ektoparazit na koži ribe, inače bi sve školjke završile u moru. **Endoparaziti** žive u krvi i drugim telesnim tečnostima, crevnom traktu (poput pantličare, sl. 115), u anaerobnim uslovima, pri odsustvu svetlosti. Odlikuju se odsustvom čula, pogotovo vida. Važna prilagođenost mnogih crevnih endoparazita je odsustvo crevnog trakta, jer se putem apsorpcije preko cele površine hrane već svarenim sadržajem.

Parazit na parazitu je **hiperparazit**. Na primer, u psećoj buvi živi larva pseće pantličare. Ukoliko i hiperparazit ima svoje parazite, može se govoriti o parazitskim lancima ishrane.

Ukoliko na jednom domaćinu parazitira više vrsta, to je **superparazitizam**.

Ako parazit polako ubija domaćina, tj. domaćin na kraju umire zbog njegovog razvića, takav parazit se uobičajeno naziva **parazitoid**.

Prilagođenosti parazita na način života su različite. Ogledaju se kako u morfološko-fiziološkom smislu, tako i u prodiranju, naseljavanju domaćina, korišćenju tkiva domaćina kao hrane, ali i specifičnosti u traženju i pronalaženju pravog domaćina, razvojnom ciklusu itd. U pogledu prilagođenosti na parazitski život razlikuju se slučajni, fakultativni i obligatni paraziti.

Slučajni parazitizam je kada organizmi koji inače u prirodi žive neparazitski, našavši podesnog domaćina postanu njegovi paraziti. Za njihov rast i razviće domaćin nije u suštini potreban. Tako se npr. larve muva rođova *Musca* i *Sarcophaga*, kao i tvrdokrilaca brašnara *Tenebrio molitor* i slaninara *Dermestes lardarius* mogu naći u digestivnom traktu čoveka.



Sl. 140. – Evropska kukavica
Cuculus canorus parazitira u
gnezdu trstenjaka
Acrocephalus sp.
(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Red_warbler_cuckoo.jpg)

Fakultativni parazitizam podrazumeva slučajeve kada parazitske vrste mogu živeti i slobodno, bez domaćina, a i sa njim. Ovim parazitima za razviće takođe nije neophodan domaćin. Osnovna razlika između slučajnih i fakultativnih parazita je što prvi nisu specijalno prilagođeni na parazitski način života i ne ubijaju slučajnog domaćina. Fakultativni paraziti su podjednako dobro sposobljeni za parazitiranje i slobodan život, tj. da budu nezavisni **sapro-trofi (saprobi, saprovori, saprobionti)**, koji adsorbuju rastvorljive organske materije iz neživih izvora (uginule biljke, životinje, izmet i sl.). Ako je u pitanju biljka fakultativni parazit, ona se naziva **saprofit**, a ako je životinja – **saprozoit**. Najviše fakultativnih parazita je iz reda Diptera. Larve pripadnika familija Sarcophagidae (muve mesaruše) i Calliphoridae (zunzare) se razvijaju u leševima, ali i na otvorenim ranama* i u telesnim dupljama životinja i čoveka.

Parcijalni paraziti (semiparaziti) su fakultativni paraziti koji uspešnije žive kao paraziti nego kao nezavisni organizmi.

Hemiparazit (meroparazit) je biljka-parazit, koja poseduje hlorofil i vrši fotosintezu, ali ipak povećava sopstvenu snabdevenost hranljivim materijama hraneći se na domaćinskoj biljci, ili koristi domaćina kao mehaničku potporu (npr. imela, sl. 102b). Ovaj termin obuhvata i biljke-parazite koje rastu iz semena u zemljištu.

Obligatni paraziti (holoparaziti) su oni čiji je život ugrožen ukoliko ne bi parazitirali. Nije bitno da li parazitiranje obuhvata samo jednu etapu u razviću, ili čitav život. Obligatni paraziti se mogu podeliti na povremene i stacionarne. **Povremeni** paraziti (temporalni ili poluparaziti) su npr. hematofagi insekti, koji na domaćinu ostaju samo dok se ne nasišu krvi. Njihove larve i lutke se razvijaju slobodno u prirodi, ne parazitiraju. Međutim, ovakvi paraziti ne mogu opstati bez domaćina na kojem se hrane, pošto su ženke bez „krvnog obroka“ onemogućene da legu jaja [familije dvokrilaca – Culicidae, Phlebotomidae, Tabanidae, Muscidae i dr., neki opnokrilci i buve (Siphonaptera)]. **Stacionarni** obligatni paraziti na ili u domaćinu provode duži period, često čitav stadijum razvića (larve nekih dvokrilaca) ili, pak život (životinjske vaši Phthiraptera – Mallophaga uglavnom grickaju rožne materije perja, dlaka i sl. i Anoplura koje sišu krv sisara).

Paraziti izazivaju razne **negativne efekte na domaćinu**, a na kraju i **smrt**. Oni uglavnom natenane iscrpljuju domaćina, **truju** ga toksinima, pa on polako propada, gubi apetit, slabbi, opada mu otpornost. Muve tahine (familija Tachinidae), zavisno od vrste, mogu biti parazitoidi (usmrćuju) ili paraziti u larvama ili adultima zglavkara. One koje žive u prašumama, mogu da na temenu čoveka ubace u krv larve, koje se hrane telesnim sokovima, što samo po sebi nije toliko opasno, ali zbog izlučenih toksina, čovek oslepi. Zbog parazita domaćin može **menjati oblik** (npr. ribe inficirane pantličarom), **ponašanje, način kretanja**. **Parazitska kastracija** je pojava da larve malog metilja *Dicrocoelium dendriticum* razaraju gonade puževa *Zebrina* u kojima parazitiraju kao u prelaznim domaćinima**. U sisarskim populacijama je konstatovano da prisustvo parazita **narušava polnu strukturu**, i to uglavnom na štetu mužjaka (njihov mortalitet izazvan parazitima je veći nego ženki).

Paraziti **utiču na brojnost domaćina**, ali je i život parazita zavisan od stanja populacije domaćina. Ovi su odnosi nalik onima između predatora i plena. Odnosi parazita i domaćina su bitan evolucioni faktor. Populacije domaćina su pod stalnim selepcionim pritiskom parazita, pa evolutivnim menjanjem smanjuju negativni uticaj parazita na brojnost. Sa druge strane, parazitske vrste su pod drugom vrstom selepcionog pritiska u cilju stalnog usložnjavanja parazitskog života. Tako domaćini koevoluiraju zajedno sa svojim parazitima.

Nekrotrofija je parazitizam u kojem se parazit snabdeva hranljivim materijama iz mrtvih ćelija i tkiva domaćina.

* Larve zelene zunzare *Lucilia sericata* se koriste u zvaničnoj medicini za čišćenje gangrenoznih rana.

** Upojedinim populacijama, na mestima gde je intenzivna ispaša ovaca, do 80% jedinki barskih puževa je kastrirano.

Neki organizmi mogu biti paraziti ili simbionti sa određenim domaćinom. Oni se nazivaju **amfibiotični organizmi** (amfi grč. – oba, sa obe strane).

Patogenija je vid parazitizma gde su paraziti intracelularni mikroorganizmi (kokcidiye, bakterije, virusi), koji ne razaraju organe direktno, već svojim životom izazivaju promene metabolizma domaćina što se odražava na njegovo fiziološko stanje, pa čak dovodi i do smrti. Organizmi se raznim mehanizmima bore protiv patogena. Na primer kišna glista stalno boravi u vlažnom tlu, bogatom bakterijama i gljivicama, a ipak ne oboleva. Slično i puž golač luči više vrsta sluzi sa antibakterijskim efektima.

Medicinski aspekti insekatskog parazitizma

Da bi neka insekatska vrsta aktivno učestvovala u prenošenju uzročnika nekog oboljenja ljudi, moraju postojati odgovarajući uslovi.

1. Sam uzročnik (bakterija, rikecija, virus) mora u telu insekta egzistirati duže, čak se i množiti, kako bi insekt postao infektivan za čoveka. Naučnici su eksperimentalno uspevali da prenesu uzročnike bolesti sa jedne na drugu eksperimentalnu životinju pomoću hematofagih insekata, iako u prirodi takvog odnosa nema. Ti insekti nisu bili vektori, jer se sam prenos uzročnika bolesti nije odigrao prirodnim putem, u prirodnim uslovima.
2. Insekt može preneti aktivni agens i ako je on u njemu boravio kratko.
3. Ako uzročnik bolesti ostaje u telu insekta i po njegovom uginuću, onda je za održanje uloge insekata kao vektora potrebna stalna infestacija sa nekog izvora. Najčešće je to grupa sisara u kojima dolazi do stalnog razmnožavanja parazita. Ta grupa se naziva rezervoar uzročnika oboljenja. Na primer, bakterije roda *Leptospira* i *Salmonella*, koje prenose glodari, kod ljudi izazivaju bolesti leptospirozu i salmonelozu, a raznosači mogu biti bubašvabe.
4. Uzročnik oboljenja se može transovarijalno preneti na sledeću generaciju. Od larvenog stadijuma se uzročnik infekcije prenosi do adulta transstadijalno. Tako su ti insekti i prenosioци i rezervoari uzročnika oboljenja. Takav je slučaj sa arbovirusima.

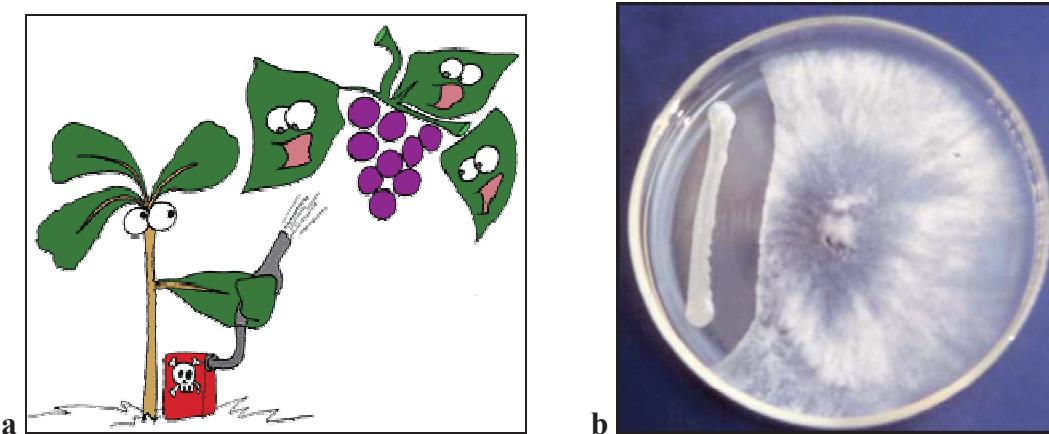


Sl. 141. – *Hister quadrinotatus*

(<http://www.zin.ru/animalia/c oleoptera/eng/hisquakm.htm>)

Sinektrija je poseban odnos antibioza, naročito prisutan kod mrava. U mravinjacima žive mirmekofilni tvrdokrilci koji se hrane mravlјim larvama, pa ih mravi napadaju. Histeridae (sl. 141) imaju takve noge i antene, da mogu da ih uvuku u oklop, koji je loptast, pa mrav može samo da pokušava da ga gricka, jer neće moći da ga ošteti. Kada mravu dojadi da se trudi i povuče se, buba se otklopi i nastavi da pravi štete. Drugi mirmekofilni tvrdokrilci nisu zaštićeni specijalno oblikovanim oklopom, već ispuštaju mirise koji opijaju mrave i onesposobljavaju ih da se brane. Treći, pak, proizvode mirise koji mravima gode, pa ne napadaju ove tvrdokrilce iako im oni jedu podmladak. To je već objašnjen simbiontski odnos simfilije. U proleće, kada se mravi sele i prenose larve i jaja, njihovu seobu prate i mirmekofilni insekti.

Amensalizam predstavlja interakciju populacija dve vrste u kojoj je jedna inhibirana, dok druga (amensal) nema na prvi pogled ni korist ni štetu, ali se, zapravo, bori za prostor i resurse. Neki ove odnose smatraju kompeticijom. U pitanju su hemijski odnosi dve vrste organizama, u kojima metaboliti jedne vrste, izlučeni u spoljašnju sredinu, deluju negativno na drugu vrstu (inhibiraju joj rast ili razmnožavanje, ili je usmrćuju) što se naziva **alelopatija** (sl. 142a). Uglavnom su u pitanju alkaloidi, terpenoidi i fenoli. Termin alelopatija je najpre upotrebljen za zajednice vresa i sklerofitnog šiblja kalifornijskog čaparala, ali je proširen na sve antikompeticijske odnose među biljkama (npr. ječam sekretima iz korena inhibira konkurentske korove). Alelopske materije su i *antibiotici* (produkt gljiva ili bakterija koji inhibira druge mikroorganizme; sl. 142b) i *fitoncidi* (metaboliti viših biljaka, koji deluju negativno na mikroorganizme). Simbolično se amensalizam može prikazati kao -0 (minus-nula). Suprotna pojava je komensalizam.



Sl. 147. – Amensalizam: a – alelopatija i b – antibioza (*Bacillus* sp. i *Botrytis squamosa*)
 (http://agriculturalimpiaysustainable.blogspot.com/ i
 http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/practicas/10/Antibiosis1.JPG)

Neutralizam

Neutralizmom bi se mogla nazvati koegzistencija dva organizma (grupe organizama) pripadnika dve vrste, koji ne deluju jedan na drugog (simbolima 00, tj. nula–nula). Ipak, realno, neutralizam ne postoji, jer delujući na menjanje ekoloških faktora bića posredno deluju jedna na druga, makar i kao, na prvi pogled jako udaljene, karike u prehrambenim mrežama u ekosistemima.

Pitanja za samoproveru znanja



1. Šta su ekološka niša i životna forma?
2. Šta su ekološki faktori i kako možemo da ih podelimo?
3. Ekološka valenca – šta je to?
4. U čemu je značaj svetlosti kao ekološkog faktora za razna bića?
5. Šta znate o temperaturi sredine kao ekološkom faktoru?
6. Vlažnost sredine kao ekološki faktor je bitna gde, tj. za koja bića i kako?
7. Koji je značaj vazdušnih kretanja za bića?
8. Šta su klimatska pravila? Navedite ih i objasnite u vezi sa kojim bićima su i kako.
9. Objasnite kompleksnost zemljišta kao životne sredine.
10. Voda kao životna sredina ima razne varijante. Objasnite.
11. Trofički faktori se teško mogu svrstati. Zašto?
12. Samoodržavanje i zaštita životinja kao biotički faktor ima razne vidove. Koje?
13. Homotipski biotički odnosi su
14. Šta predstavljaju heterotipski biotički odnosi PROBIOZE? Koje znate?
15. Šta su heterotipski biotički odnosi tipa SIMBIOZE? Koje znate?
16. Objasnite heterotipske biotičke odnose ANTIBIOZE.
17. Ima li neutralnih heterotipskih odnosa u prirodi?

5. Demekologija (populaciona ekologija)



Jato gusaka glogovnjača *Anser fabalis* snimljeno novembra 2010. na Slanom Kopovu
(foto Miloš Radaković)

5. POPULACIONA EKOLOGIJA (DEMEKOLOGIJA)

U prirodi vrste realno postoje. One su ostvarene u pojedinačnim individuama, ali pošto individua ne garantuje opstanak, realizacija vrsta u prirodi je uglavnom u vidu grupa muških i ženskih individua (ako postoje odvojeni polovi), tj. populacija, smeštenih u staništa.

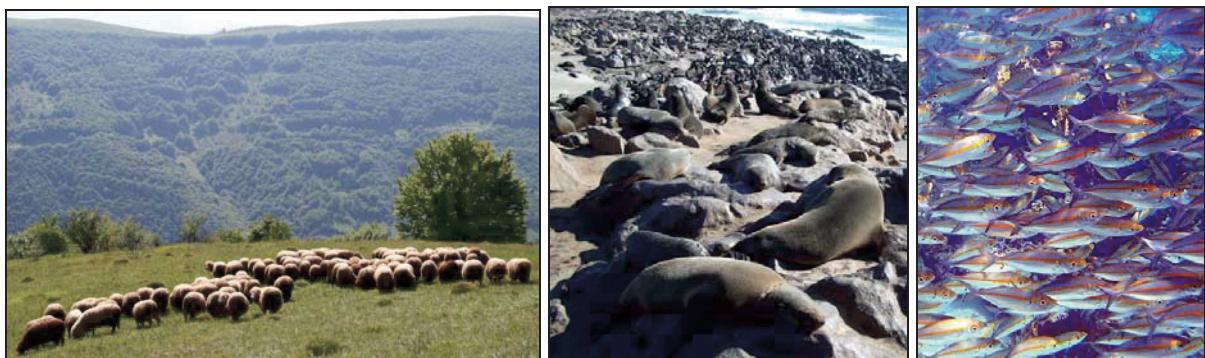
Svaki biotop naseljava veći broj vrsta, koje su zastupljene svojim populacijama. Odnosi unutar ovakvih skupova jedinki raznih vrsta, kao i odnosi između njih i spoljašnje sredine su predmet proučavanja biocenologije i ekosistemskog dela sinekologije.

Demekologija je deo sinekologije koji proučava odnose u homotipskim (istovrsnim) kolektivima, tj. populacijama. Ona je nadgradnja na autekologiju, a baza za biocenologiju i ekosistemologiju. Faktori životne sredine na populaciju mogu imati drugačiji efekat nego na jedinku iste vrste. Moguće je da faktor letalan za izvestan broj jedinki, u populaciji kao celini nema efekta ili da neznatno umanjuje njenu veličinu, ali, nasuprot tome može i pozitivno da deluje na zdravstveno stanje i kondiciju populacije, jer je pročišćava.

Osim klasične spoljašnje sredine, populacija poseduje i specifičnu unutrašnju sredinu – ukupnost uticaja poreklom od njenih članova. Otuda se u demekologiji faktori spoljašnje sredine nazivaju **ekstrapopulacijski faktori**, a unutrašnji su **intrapopulacijski**. Shodno tome proizilazi da je predmet proučavanja demekologije trodeleni sklop, sastavljen od: 1. životinske populacije, 2. unutrašnje sredine (promenljivog međudejstva između članova populacije) i 3. spoljašnjih uticaja životne sredine. Ali, najpre treba odrediti šta se podrazumeva pod pojmom populacije.

5.1. POPULACIJA – DEFINICIJA I OSNOVNE KARAKTERISTIKE

Izrazi "naselje" i "populacija" se odavno koriste u demografiji (nauci o stanovništvu) za označavanje celokupnog ljudstva u jednoj oblasti. U biologiju su ovi termini ušli tokom dvadesetog veka.



Sl. 143. – Primeri populacija: stado ovaca, kolonija foka i jato riba (foto Tijana Jovanović, 2010 na Staroj planini; http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Cape_Cross_Seal_Colony.jpg i http://en.wikipedia.org/wiki/File:School_of_Pterocaesio_chrysozona_in_Papua_New_Guinea_1.jpg)

Pojam "**populacija**" se u ekološkom smislu prvi put spominje 1907. g. u radu Mek Etija, koji je brojao biljke i životinje u četiri kvadrata šume i livade. 1922. g. ovaj termin naučnici koriste da bi označili kolektiv vinskih mušica *Drosophila* ili celokupni životinski svet na jednom prostoru.

Prve definicije populacije nalazimo kod Perla 1930. i Martinija 1931. g. Oni pod populacijom podrazumevaju skup članova iste vrste koji naseljavaju određeno područje. 1949. g. Veber je populaciju definisao kao skup članova jedne vrste koji se međusobno razmnožavaju, posmatrano u određenom ekološki (to je biotop) ili samo topografski ograničenom prostoru.

U suštini osnovna crta svih definicija je da se populacija sastoji od pripadnika iste vrste, tj. da je **homotipski kolektiv**.

Druga bitna osobina populacije je njena prostorna ograničenost. Prostor može biti ograničen topografski (jezero, dolina i sl.) ili ekološki (npr. populacija graba u jednoj hrastovoj šumi, ili šumarak na livadi). Prostor može biti i veštački ograničen (npr. akvarijum, kavez). Tada je reč o eksperimentalnim populacijama, otgnutim iz prirodnog okruženja.

Treća karakteristika populacije je pripadnost njenih članova reproduktivnoj zajednici (sparaju se zrele jedinke suprotnog pola, dajući plodno, sebi slično potomstvo). Tako se obezbeđuje genetički kontinuitet vrste.

Kod pojedinih vrsta populaciju je relativno lako definisati, jer je tada ovaj termin podudaran sa pojmom jato, krdo (sl. 143), stado, čopor i sl.

Smisao pojma "populacija" nije isti u svim biološkim disciplinama. Genetika, etologija, paleontologija, ekologija i dr. – sve imaju nešto specifično u definisanju pojma populacije.

Ekološka definicija populacije po Šverdtvegeru (Schwerdtfeger, 1968) je:

Populacija je prostorno i vremenski ograničen homotipski kolektiv organizama koji funkcioniše kao celina i uspostavlja određene odnose sa sredinom.

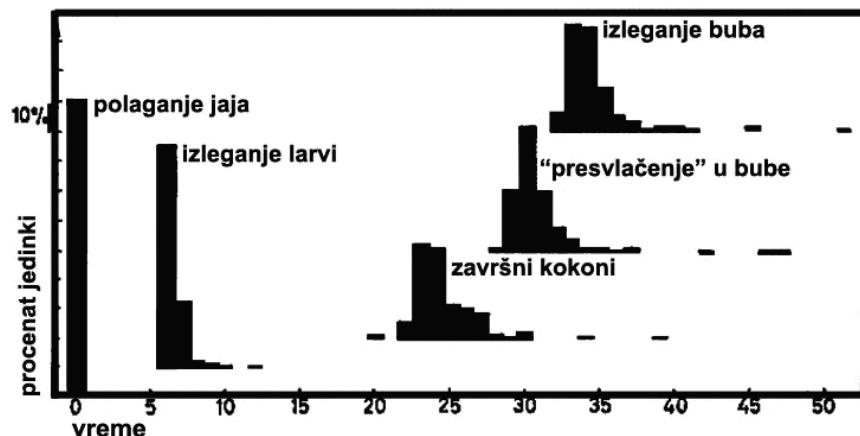
Pored prostorne, u određenju populacije postoji i vremenska dimenzija. Svaka populacija uspostavlja specifične, sebi svojstvene odnose sa drugim populacijama i sredinom uopšte. Veličina i druge osobine populacije su odlika vrste, ali zavise i od uslova sredine (npr. konfiguracije terena, klime, blizine mora, predatora, bolesti). Ne postoji dve identične populacije.

U široj generalizaciji (ekološkoevoluciono–genetičkoj) populacija se definiše kao **vremenski integrisana grupa živih jedinki iste vrste, koja ima zajednički skup naslednih faktora, naseljava isti prostor, pripada jednom određenom ekosistemu, a u kojoj su jedinke međusobno povezane pre svega odnosima reprodukcije**.

U proučavanju svake populacije postoje tri integraciona nivoa – populacija biologija, populaciona ekologija i populaciona genetika.

Određivanje sastava populacije, kao i karakteristika njene strukture, vrši se u uslovima slobodne prirode. Tako se utvrđuje stanje populacije. To je početni zadatak demekologije.

Stanje populacije nije stabilno. Usled individualnih procesa razvića i promenljivog uticaja spoljašnjih i unutrašnjih uslova sredine, neprekidno se menja struktura populacije. Stoga se kao sledeći zadatak demekologije javlja praćenje dinamike populacionih zbivanja. Na sl. 144 je prikazana dinamika brojnog odnosa jedinki u različitim razvojnim stadijumima i aktivnostima (polaganje jaja, izleganje larvi, izgradnja kokona, presvlačenje u adulta, izleganje adulata) u populaciji duvanove bube *Lasioderma serricorne* (iz familije Anobatidae, tj. bube koje rastaču drvo, npr. nameštaj) praćena tokom 50 dana, na temperaturi 30°C, i relativnoj vlažnosti 60%.



Sl. 144. – Menjanje brojnog odnosa jedinki u populaciji *Lasioderma serricorne* u različitim stadijumima razvića tokom vremena izraženog u danima
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

Osim ispitivanja u prirodi, koja daju niz sukcesivnih slika, koriste se i eksperimenti. U njima se pod kontrolisanim uslovima lakše dolazi do zaključaka kako pojedini elementi sredine deluju na izolovane populacije.

Na kraju se iz svih sakupljenih saznanja formira zaključna slika i, ukoliko je moguće, formulšu teorijski ili osnovni principi koji objašnjavaju zbivanja u životinjskim populacijama.

5.2. KARAKTERISTIKE POPULACIJE

Zašto individue moraju da žive u populaciji?

Populacija nikako nije slučajnost. Veoma veliki broj mehanizama uslovljava njen održavanje. Populacija je organizovani kolektiv organizama, koji su iz različitih razloga zajedno. Razlozi mogu biti: reproduktivne potrebe (blizina partnera kada se dostigne polna zrelost), odnosi ishrane, potrebe zaštite itd., a postoje i specifične potrebe koje se od vrste do vrste razlikuju. Važno je da je populacija integrisana celina koja reaguje kao jedinstveno, a u njoj svaka individua ima određeni položaj.

Ovce žive u zajednici. Ako nekoliko jedinki izdvojimo iz stada, one će se vratiti. One pokazuju tendenciju udruživanja, kao i kokoši.

Skakavci „, pevaju“, tačnije, striduliraju, 15-ak dana pre početka parenja. Tako se drže na okupu, da im se ne bi desilo da neki odu suviše daleko i da ne mogu naći seksualnog partnera.

Jato riba je populacija sa stabilnim odnosima i teško ju je razbiti.

Neke vrste žive u krdima i sl. zbivenim grupama, druge su sa dispergovanim jedinkama, kod trećih je čak velika udaljenost između jedinki. Bez obzira na distribuciju jedinki, one međusobno opšte na različite načine i uspostavljaju specifične odnose. Kontakti individua mogu biti fizički, psihički (kod pčela, npr.), mirisni, vizuelni itd.

Razlike između različitih populacija iste vrste u isto vreme, ili u istoj populaciji u različito vreme se zajedno označavaju kao **varijabilitet populacija**. On može biti vremenski i prostorni. Kao primer vremenskog variranja konstitucija populacije može poslužiti jato ptica-selica. Jato gotovo svake godine u gnezdilište stiže u isto vreme. Oscilacije u vremenu njegovog dolaska su posledice različitih vremenskih prilika iz godine u godinu (da li proleće kasni, ili ne). Kod nekih vrsta ptica mužjaci i ženke stižu istovremeno. Kod drugih prvo stižu mužjaci, međusobno dele teritoriju (grane, šupljine, pećine, rupe, stara gnezda i sl., zavisno od vrste), a ženke kada stignu biraju položaj koji im odgovara, tj. partnera. Sparivanje, polaganje jaja, briga o njima su naredna faza. Sa izleglim mladuncima populacija izgleda i funkcioniše sasvim drugačije, kao i sa njihovim odrastanjem.

Ilustracija prostorne varijabilnosti može biti sledeći primer. U čistoj borovoj šumi, sa drvećem iste starosti, pojedine jedinke određenog insekta će jaja polagati u južnoj, druge u severnoj polovini krune, neki će se nastaniti u gornjem, a neki u donjem delu krune, sa gornje ili donje strane grana. Zbog razlike u insolaciji i temperaturi na svim ovim pozicijama, jaja se neće razvijati jednakom, uprkos jednakoj konstituciji roditelja. U pitanju je lokalni varijabilitet unutar populacije. Slično tome ako poredimo dve ili više populacija iste vrste možemo konstatovati razlike u njihovom mogućnostima, diktirane lokalnim razlikama u životnoj sredini.

Osim vremenske i prostorne varijabilnosti, prirodne populacije se sastoje od konstituciono različitih jedinki, a as druge strane ni prostor koji one naseljavaju nije homogen. Biranjem sredine, životinje izbegavaju lokalne razlike, ali ipak, zbog njihove individualne različitosti (sklonosti u izboru resursa), postoji i lokalna različitost. Rezultanta ovih dveju različitosti se manifestuje u neponovljivoj, jedinstvenoj strukturi svake populacije.

Dakle, kao što se svaki pojedinačni organizam odlikuje specifičnim oblikom i reakcionim normama, tako i svaku populaciju karakterišu specifična struktura i dinamika.

Struktura populacije podrazumeva veličinu (najčešće izraženu kroz brojnost jedinki ili biomasu), izgled odnosno distribuciju jedinki, zdravstveno stanje, ponašanje, ishranu, odnos polova, usaglašenost sa ekološkim faktorima i dr.

Sve odnose strukture populacije možemo podeliti na formalne (daju odgovarajuću formu) i funkcionalne (definišu funkcionalne karakteristike populacije) struktурне elemente.

Formalni strukturalni elementi populacije pokazuju osnovne atributе strukture populacije. Oni u prvom redu zavise od toga kojoj vrsti populacija pripada. Ovakvi elementi su:

- gustina populacije, odnosno brojnost jedinki,
- prostorni raspored (distribucija),
- habitus (izgled) populacije,
- uzrasna struktura populacije,
- polna struktura populacije i
- zdravstveno stanje populacije.

Funkcionalni strukturalni elementi populacije su pokazatelji sposobnosti životinja pojedinačnih članica populacije. To su:

- ponašanje,
- konstitucija, tj. opšta fiziološka sposobnost,
- plodnost, tj. reproduktivna sposobnost izražena kroz natalitet,
- mortalitet kao izraz sposobnosti preživljavanja i
- međuindividualni odnosi (konkurenca i kompeticija).

Rezultanta formalnih i funkcionalnih strukturalnih faktora je struktura populacije, koja uslovljava i njenu dinamiku (promenljivost). Struktura populacije je stalno promenljiva. Zavisi od stanja pojedinačnih jedinki (one rastu, razvijaju se, razmnožavaju, stare) i promenljivosti uticaja spoljašnje sredine. Kod leminga se na svakih 10 godina javlja prenamnoženje, pa zavisno od toga u kojoj je godini tog perioda, populacija leminga ima drugačiji izgled, tj. strukturu.

Dinamika populacije obuhvata npr. natalitet i mortalitet, rast populacije, odnose kooperacije i konkurenca među individuama, odnose sa drugim populacijama, premeštanja u prostoru zbog ishrane i ili parenja i dr.

Dinamika apsolutno zavisi od strukture populacije.

5.2.1. Formalni elementi strukture populacije

Brojnost populacije je specifičnost vrste. Najčešće se izražava brojem jedinki koje je sačinjavaju. Slonovi, orlovi, sokolovi, kondori i sl. imaju populacije od malog broja jedinki, jer su efekti njihovog življjenja na sredinu veliki.

Brojnost populacije mora zadovoljiti dva zahteva – da omogući optimalni opstanak vrste u okvirima postojećih populacija i da te populacije nanesu što manju štetu cenozi (zajednicu) u kojoj žive. Na primer afrički slon je vrlo krupan, lomi drveće, kida granje, ruši drveće, ali ne sme napraviti štetu koja bi sve uništila i tako i njega samog ugrozila, pa brojnost njegovih jedinki nije velika, uprkos činjenici da ga druge vrste gotovo uopšte ne ugrožavaju.

Ako je populacija premala, a izložena prevelikoj presiji sredine (npr. predatora), brzo izumire ukoliko se ne zaštiti razmnožavanjem. Zato zec, npr. ima veliki broj nakota, kako bi populacija održala relativno stalnu brojnost.

Brojnost u populaciji osim od pripadnosti vrsti zavisi i od konkretnih mogućnosti, tj. kapaciteta sredine, jer svaka jedinka treba da ima optimalno zadovoljene rekvizite i prostorne zahteve (npr. adekvatni vodni režim, klimatske faktore, broj i raspored gnezdilišnih mesta i dr.). Ako su rekviziti (pojilo, gnezdilište, lovno područje itd.) previše udaljeni ili odvojeni nesavladivim preprekama (reka, močvara, stena i sl.) ostace neiskorišćeni.

Brojnost populacije se može izraziti **gustinom populacije** – prosečnim brojem individua po jedinici površine ili zapremine prostora koji ona naseljava (svaka populacija ima svoju teritoriju, tzv. **demotop**). Međutim, ovaj prikaz nije dobar ako se uzmu biocenotički odnosi – npr. na 1 m^2 listopadne šume kod nas dođe 0,01 jelen, a bakterija nekoliko milijardi. Zato se

za studije biocenoza, tj. heterotipskih populacija, koristi izražavanje veličine populacija kroz **biomasu**, a pri poređenju raznih populacija iste vrste (npr. populacije zečeva na Kotleniku i na Bešnjaji) gulinom individua.

Razlikuju se **opšta gustina populacije** (prosečni broj jedinki na jedinicu ukupnog prostora u kojem živi ta populacija) i **ekološka gustina populacije** (prosečni broj jedinki na jedinicu stvarno naseljenog prostora).

Određivanje brojnosti populacije se razlikuje od vrste do vrste.

Apsolutna brojnost ili **census** (konstatovanje svake jedinke direktnim brojanjem) se može primeniti samo na krupne životinje na otvorenim terenima (npr. krupno drveće raznih vrsta biljaka, slonovi, žirafe, antilope gnu u savanama, losovi u Kanadi, kitovi). U tu svrhu se mogu koristiti avionski, helikopterski ili čak satelitski snimci.

Aparentna (relativna) brojnost se mnogo češće koristi. Primenuju se dva tipa metoda. Direktne (broje se sami organizmi) i indirektne (prebrojavaju se ostaci ili tragovi organizama, ili mere npr. hemijski pokazatelji aktivnosti).

Pri *direktnim metodama utvrđivanja brojnosti populacija* uzimaju se probne površine, tj. uzorci u prostoru koji nastanjuje data populacija, i u okviru njih lovom raznim sredstvima (sl. 145-148) izvodi registracija broja jedinki, pa potom statistički preračuna na jedinicu cele površine ili zapremine. Zavisno od dimenzija organizama, preračunava se na 1 km^2 , m^2 , m^3 , dm^3 , cm^3 , ili samo 1 mm^3 , tj. $0,001 \text{ ml}$. Izračunata vrednost nije apsolutno tačna, ali ukoliko su probne površine pravilno izabrane (po broju, veličini i rasporedu metodom slučajnosti) i primenjene dobre lovne metode, dobijaju se vrlo korisni podaci. Kakav je značaj rasporeda i broja klopki pri lovu radi ustanavljanja brojnosti populacije sitnih sisara može se ilustrovati sledećim primerom. U dve različite hrastove sastojine se postavi različit broj klopki u nizu (u prvoj 100, a u drugoj, pet puta manjoj, 20). U toku tri noći lovnog perioda u prvoj se ukupno uhvati npr. 50 voluharica, a u drugoj pet. Ove vrednosti se mogu upoređivati. Pokazuju da je gustina voluharica na prvoj parceli trostruko veća, a na drugoj upola manja od normalnog broja koji bi očekivali po veličini prostora.

Jedan od metoda za određivanje relativne brojnosti u populacijama nekih vrsta životinja je **metod markiranja**, kombinovan sa **Linkolnovim indeksom**. Princip je da se iz dvostrukog ili višestrukog izlovljavanja živih jedinki, njihovog markiranja i puštanja na slobodu, tačnije iz brojčanog odnosa životinja koje su markirane i broja ulovljenih, po obrascima računa približna ukupna brojnost jedinki u populaciji. Međutim, ovaj metod je primenljiv samo na dobro vagilne vrste (mnogi sisari, ptice, kornjače, gušteri, ribe, neki insekti), koje u međuvremenu između dva lova neće izgubiti veliki broj individua (npr. zbog eklozije nimfi u imagu, kao kod Ephemeroptera u proleće*) i koje ne



Sl. 145. – Longworth klopka
(http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Longworth_Trap.JPG)

* Vodeni cvetovi (Ephemeroptera) su prastara grupa insekata, koja danas u svetu broji oko 2.000 vrsta. U permu su predstavljali 3,5% celokupnog sveta insekata, a danas samo 0,095%. Naučnike posebno zanima sinhronizovanost razvoja i preciznost pojavljuvanja, tj. rojenja ovih insekata, kada se larve nakon višegodišnjeg života u vodi presvlače (po poslednji put) u adulte u vrlo kratkom vremenskom intervalu. Adulti žive nekoliko sati do jedan dan, tek toliko da nađu partnera i spare se. Rojeve formiraju mužjaci, a u njih uleću ženke. Parovi leti neko vreme spojeni. Po sparivanju, mužjaci odmah uginu, a ženke ostaju dok polože jajašca. Tela uginulih insekata pokrivaju površinu vode i okolno tlo, nekada u sloju debljine 10 cm. Najpoznatija vrsta ove grupe insekata kod nas je tiski cvet (*Palingenia longicauda*). Larva živi tri godine na glinovitom dnu sporotekućih reka. Za to vreme se presvuće oko dvadeset puta. Hrani se biljnim i životinjskim ostacima i sitnim organizmima. Pred rojenje (sredinom juna), zrele larve isplivaju na površinu. Iz muških larvi izleću nezreli mužjaci, u stadijumu subimaga, sleće na obalu i nakon nekoliko sati se presvuku u odrasle mužjake, koji odmah počinju ljubavni let. Odrasle ženke se razvijaju direktno iz larvi. Svakodnevno večernje rojenje, u periodu od 18 do 21 sati, se završava sredinom jula. Po rojenju ženka položi 7.000–8.000 jaja na površinu vode, ali uzvodno od mesta gde je bilo rojenje (kompenzacioni let), kako bi jaja nošena vodom i polako tonući dospela na adekvatno mesto za razviće.

menjuju bitno aktivnosti tokom vremena lova. Tehnike markiranja (obeležavanja) ulovljenih jedinki se razlikuju i zavise od vrste, spretnosti istraživača i raspoloživih sredstava (prstenovanje, etiketiranje, bojenje, zalamanje rožnih ili hitinskih delića, zasecanje ili zumbojanje ušnih školjki, odsecanje prstića, radioaktivno obeležavanje, postavljanje radioodašiljača itd.). Bitno je da markiranjem životinje ne budu povređene ili osuđene u obavljanju normalnih funkcija.

Drugi način, čest u istraživanju populacija glodara, je ***Leslijeva metoda***. To je sukcesivno izlovljavanje u približno jednakim lovnim periodima, pomoću Longworth životovnih klopki (sl. 145), na 100x100 m, pri čemu se u svaki kvadrat veličine 10x10 m postavlja po jedna klopka. Klopke se pregledaju i prazne bar dva puta dnevno, predveče i ujutru. Bitno je dobro poznavanje biologije istraživane vrste, tj. njenih potreba i rasporeda aktivnosti (dnevnog i sezonskog), da bi se odredio broj „poseta“ klopkama, kako se ulovljene životinje ne bi dugo mučile u klopkama. Životinje se markiraju i puštaju natrag na slobodu ili uklanjuju (žrtvuju, za druga, npr. histološka ili fiziološka istraživanja). Dužim lovom će samo mali broj jedinki ostati nemarkirani, tj. uspevati da izbegne klopke, odnosno preživeti (ako se uhvaćene životinje žrtvuju). Tokom rada se formira tabela sa podacima potrebnim za statističku obradu metodom koeficijenta korelacije. Razlika između teorijski dobijenih i stvarnih vrednosti se izračunava χ^2 -kvadrat testom.



Sl. 146. – Oprema za uzorkovanje a – planktona: planktonska mrežica i Ruttner boca;
b – bentosa: Surber-mreža i bager po Ekmanu (fotografije S. Pešić sa terenske nastave 2000. g. i
<http://www.hydrobios.de/englisch/produkte.html>)

Problem je što nisu sve jedinke u populaciji jednako aktivne, pa možemo govoriti o gustini aktivnih i neaktivnih. Za kišne gliste, pogotovo dubinske, se koristi tzv. ***formalinski metod***. Najpre se sa površine 50x50 cm skine tlo do 5 cm dubine i iz njega izdvoje gliste. Potom se u nastalu „kadicu“ naliva 0,5% rastvor formalina dok se tle potpuno ne zasiti i na vrhu ostane slobodna tečnost. Rastvor ponire kroz pore zemljišta i peče kožu glista, pa one beže ka površini, gde bivaju pokupljene. Zatim se iskopa do 0,5 m dubine, pa nanovo nalije rastvor. Tako bivaju isterane i gliste koje su se povukle duboko. Neki istraživači glista koriste struju puštenu između dveju elektroda zabodenih u zemlju da bi isterali i inaktivne jedinke.

Na jednakim površinama u istoj populaciji može biti različit broj ulovljenih životinja zbog individualnih razlika u njihovoj aktivnosti, razlike u obilju hrane, zaklona i sl. Zato se i uzima veći broj uzoraka, tj. snimaka, odnosno postavlja veći broj klopki. Zavisno od vrste životinja, tj. njihovog prostornog rasporeda, raspored klopki može biti linearan, površinski ili zapreminske.

Od tipa i vrste organizama čije populacije istražuje, zavisi koja će sredstva i tehnike za sakupljanje uzoraka istraživač da primeni. Na slikama 146–148 su prikazana neka rešenja.



Sl. 147. – Oprema i sakupljanje a – nektona (mreža „kalimera“) i b – morskog bentosa (koča)
(foto S. Pešić sa terenske nastave 2000. g.)



Sl. 148. – Neke tehnike i oprema za sakupljanje a – insekata i b – ptica
(foto: S. Pešić, juli 2007. Zasavica; Miloš Radaković i Milan Ružić, avgust 2008. Golija)

Pomoćni (indirektni) metodi utvrđivanja brojnosti populacije uglavnom se baziraju na specifičnostima date vrste. Na primer, sova guta celog miša, jer nema zube. Nakon varenja, povrati kao izbljuvaku (tzv. gvalicu) kožu, dlake i kosti. Brojanjem izbljuvaka posredno se u jednoj šumi može konstatovati približan broj sova, jer u toku noći jedna ptica najviše jednog miša pojede. Zimi se za aktivne vrste mogu koristiti brojanja tragova u snegu. Broj karnivorih vrsta, poput lisica i kuna, se može približno odrediti na osnovu broja ostataka perja njihove lovine. Fekalije takođe mogu biti pokazatelj broj-



Sl. 149. – Gnezda gačaka i svraka je lako uočiti.
(foto: S. Pešić, decembar 2010., Kragujevac)

nosti, kao i glasovi ili gnezda ptica (sl. 149), presvučene košuljice zmija, egzuvije insekata, rogovi jelena u vreme kada su ih odbacili, humke iskopane zemlje krtičnjaka i sl.

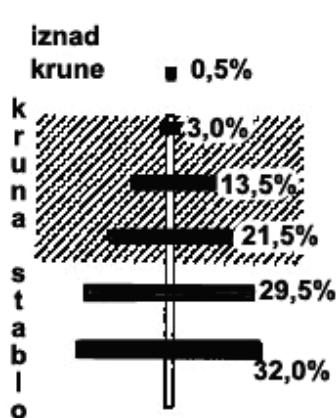
Unutarpopulacioni faktori i mehanizmi regulacije brojnosti

Brojnost u populaciji varira zavisno od uticaja spoljašnje sredine, ali i odnosa unutar populacije.

Mnoge populacije mogu da regulišu stopu nataliteta. Ako se naruše mehanizmi regulacije, populacija propada. Populacija je ugrožena bilo da se prenamnoži (u tom slučaju se aktiviraju mehanizmi zaštite), bilo da joj broj opadne ispod kritičnog minimuma..

U Engleskoj su proučavane lisice. Ako je velika brojnost po jedinici površine, odgovarajući broj ženki neće se razmnožavati. Ljudske populacije nemaju takvo rešenje. U razvijenim državama politička sociologija, kao naučna grana, preko strateških studija, predviđa posledice određene stope nataliteta, a potom propagandom i zakonima bude protežirana najpovoljnija.

Minimalni broj jedinki u populaciji, potreban za opstanak, je za svaku vrstu karakterističan. Plovke se svake jeseni sele sa severa Severne Amerike ka jugu, do Kalifornije i ostrva, a naproleće vraćaju. Retke vrste (sa 5.000–6.000 jedinki) su dobro zaštićene, jer ako im broj padne ispod tog kritičnog minimuma, njihov opstanak bi došao u pitanje (premali broj individua znači nedovoljnu varijabilnost, tj. nedovoljno genetskih kombinacija postignutih ukrštanjem). Kod bizona u Americi minimalni potrebni broj za spasavanje vrste je bio 800 jedinki, a kod miševa, je dovoljno svega nekoliko parova.



Sl. 150. – Vertikalna disperzija smrekovog gubara *Lymantria monacha* u zoni stabla, krune i iznad krune (modifikовано: Schwerdtfeger, 1968)

Čim padnu veće padavine organizmi će se raseliti. Već iz ovog primera se vidi da distribucija jedinki u populaciji može biti ravnomerna (ekvalna) i neravnomerna (inekvalna, tj. sa manjim i većim agregacijama organizama), zavisno od gradacije ekoloških faktora. Drugim rečima, dostupnost materijalnih i energetskih resursa diktira prostorni raspored jedinki, a može biti ograničena brojem organizama u populaciji (sl. 147).

Ravnomerna (ekvalna ili uniformna) distribucija jedinki u populaciji (kada su jedinke na relativno jednakom odstojanju jedna od druge, slike 148, 149) javlja se tamo gde su uslovi ujednačeni u čitavom prostoru koji populacija nastanjuje. Prisutna je npr. u planktonskim zajednicama mora. Na kopnu uglavnom nema takvih uslova. Izuzetak su npr. larve insekata koje se razvijaju u skladištima brašna.

Distribucija (prostorni raspored) jedinki u populaciji može biti horizontalna (u jednoj ravni, npr. dno jezera, livada, šuma, savana) i vertikalna (po spratovima i slojevima) (sl. 150). Osim toga može biti u liniji (sl. 151a), u ravni (u dve dimenzije) (sl. 151b) ili u prostoru (u tri dimenzije) (sl. 151c).

Za razliku od biljaka, koje se uglavnom ne premeštaju, životinje su, izuzev sesilnih oblika, uglavnom, sposobne da se kreću, tj. menjaju mesto u prostoru. Vagilnost (pokretljivost) omogućava živim bićima da se, birajući kvalitet sredine, rasprostiru u prostoru, pa i šire areal. Rezultat kretanja jedinki jedne životinske populacije je njihov prostorni raspored u datom trenutku. On je promenljiv u funkciji vremena.

Distribucija organizama u prostoru je diktirana brojnim faktorima. Tako npr. u proleće se uz busenove trave na livadi javljaju brojne sitne invertebrate (insekti, grinje, oligohete, nematode). Retko će tada uz busen biti veća količina svog biljnog materijala koji truli, jer ga navedeni organizmi i bakterije jedu. Međutim leti, kada su ovi organizmi manje aktivni, oko busenova ima više starog biljnog materijala. Na istoj livadi je leti u mikrodepresijama veća vlažnost, pa je tu veća gustina populacija zemljišnih organizama (okupljaju se kao na ostrvu).

Čim padnu veće padavine organizmi će se raseliti. Već iz ovog primera se vidi da distribucija jedinki u populaciji može biti ravnomerna (ekvalna) i neravnomerna (inekvalna, tj. sa manjim i većim agregacijama organizama), zavisno od gradacije ekoloških faktora. Drugim rečima, dostupnost materijalnih i energetskih resursa diktira prostorni raspored jedinki, a može biti ograničena brojem organizama u populaciji (sl. 147).

Ravnomerna (ekvalna ili uniformna) distribucija jedinki u populaciji (kada su jedinke na relativno jednakom odstojanju jedna od druge, slike 148, 149) javlja se tamo gde su uslovi ujednačeni u čitavom prostoru koji populacija nastanjuje. Prisutna je npr. u planktonskim zajednicama mora. Na kopnu uglavnom nema takvih uslova. Izuzetak su npr. larve insekata koje se razvijaju u skladištima brašna.

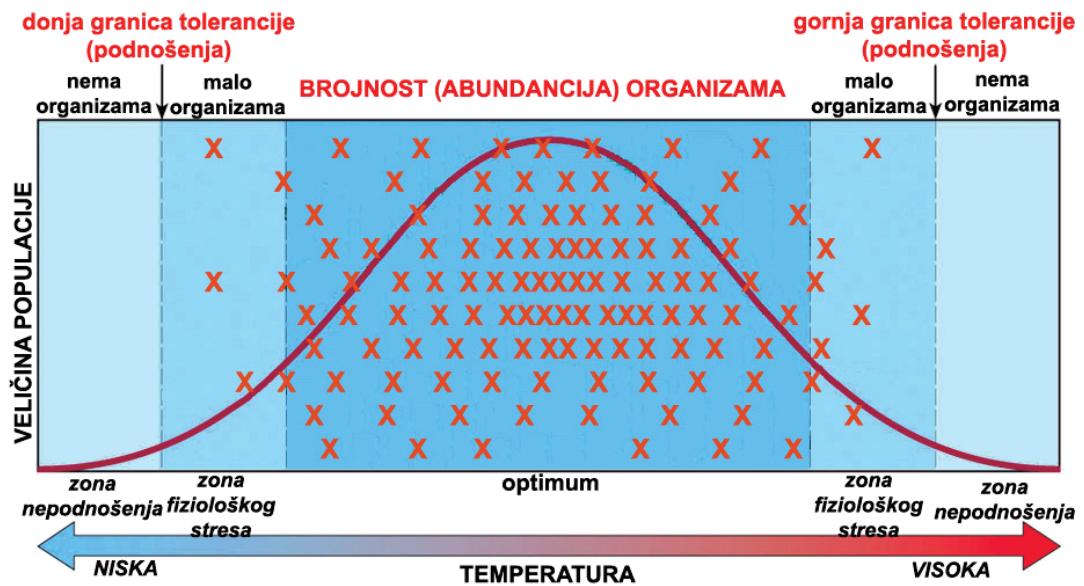
Čovek u veštačkim agroekosistemima uglavnom pribegava pravilnom ravnomernom prostornom rasporedu biljaka (sl. 154).



Sl. 151. – Prostorni raspored jedinki u populaciji: a – linijski, b – površinski i c – trodimenzionalni (<http://www.photodivebar.com/2009/11/03/birds-on-a-line/> , http://www.wideview.it/travel/Antartide_2005/Big/12-031.jpg i <http://www.pescatorrevieja.com/crec.atun/atunes-nadando-elmundo.es.jpg>)

Neravnomerna (inekvalna) distribucija jedinki u populaciji postoji kada ekološki uslovi nisu svuda optimalni (sl. 152). Može biti **kumulativna** i **insularna** (ostrvska, tj. neravnomerno grupna) (sl. 153). Kumulativni raspored (**neravnomerni raspored po principu slučajnosti**) je u prirodi najčešći. Šumska kornjača *Testudo hermanni* ne trpi močvarne terene. Ako su na njenoj teritoriji močvarna mesta retka, ona će biti kumularno distribuirana, a ako su česta – ostrvski.

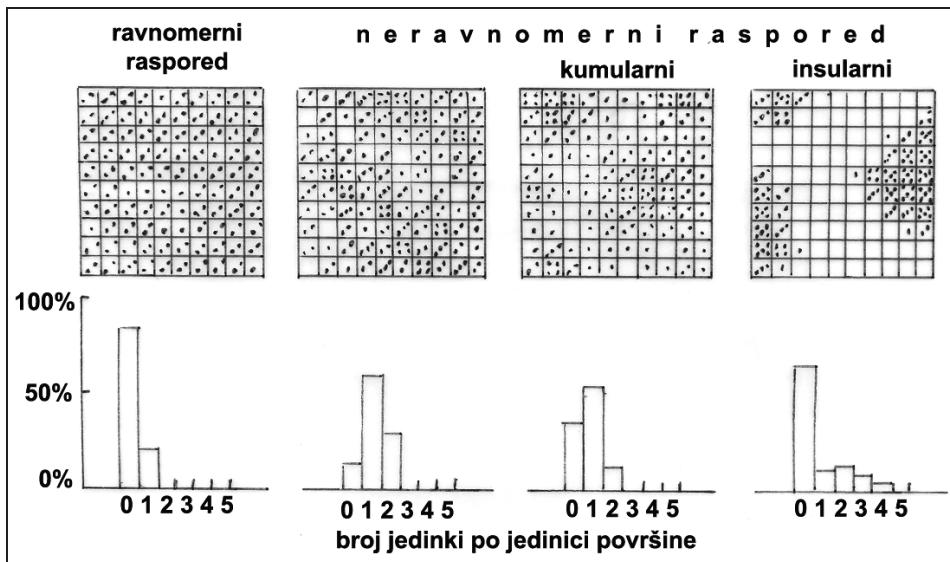
Raspored jedinki u populaciji štetočina u šumarstvu ili poljoprivredi može biti pokazatelj potencijalne štete, tj. ekonomskog gubitka. Na slici 155 su belim kvadratićima prikazane pojedinačne smrće u jednom zasadu, a manjim crnim kvadratićima unutar njih je simbolično pokazan broj zimskih jaja smrčeve prelogrinje (krpelja prelca) *Oligonychus ununguis* prosečno registrovanih po 1 cm izdanka date mladice.



Sl. 152. – Prostorni raspored jedinki (X) u populaciji diktira distribucija ekoloških faktora, poput temperature sredine. (prema Miller, 2007)

Individualna ili grupna teritorijalnost, kao odlika vrste, ima važnu ulogu u distribuciji jedinki unutar populacije. Kod životinja, jedinke bez sopstvene teritorije u granicama koje naseljava data populacija, su primorane da emigriraju u potrazi za novim, nezauzetim staništima. Osim emigracije (iseljavanja) seobe mogu biti i imigracije. Uopšte, migracije su periodična

kretanja jedinki ili grupa. Ona mogu biti ograničena na okvire biotopa (tj. areala populacije), npr. tokom sezonskih ili dnevnih ciklusa. Migracije van areala populacije se preduzimaju uglavnom zbog navika u razmnožavanju (ptice, jegulje, lososi).



Sl. 153. – Shematski prikaz ekvalne, inekvalne, kumulativne i insularne distribucije jedinki u populaciji preko rasporeda jedinki u mreži jednakih polja i u profilima po nizovima polja (kolonama) (modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

Seobe se preduzimaju pred i po završetku nepovoljne sezone. Pravci kretanja pri odlasku i povratku su karakteristični za vrstu (parovi lasta i roda se godinama vraćaju u isto gnezdo). Obim seobe takođe zavisi od vrste. Kod ptica su ova kretanja masovna, tj. obuhvataju čitavu populaciju, čak i nove mладунце (sl. 180 i 181).



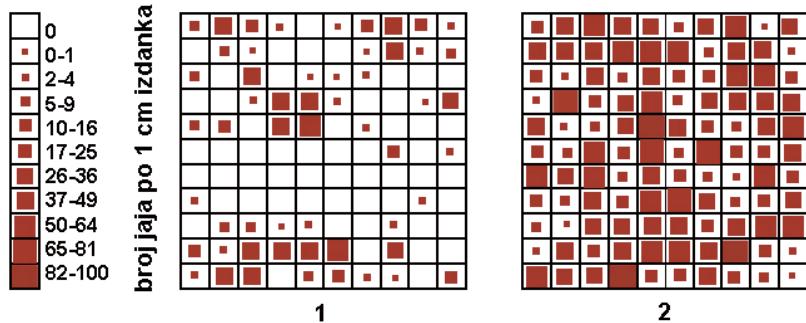
Sl. 154. – Ravnometerna distribucija stabala u voćnjaku (izvor nepoznat)

Jeguljama je pravo stanište u rečicama uz more i u samom moru (katadromna vrsta su), a u Dunavu i Velikoj Moravi su van areala. Periodične migracije većeg opsega vrše i druge vrste riba, naročito morske. Lososi i kečige preduzimaju ogromna putovanja u pritoke. Najčešći uzrok migriranja je potraga za hranom ili podesnim mestom za mrest.

Emigracije su periodična kretanja jedinki i grupa životinja izvan areala populacije, ali bez povratka. Različitog su opsega i trajanja. Javljuju se pri visokoj brojnosti populacije, kada je kapacitet sredine nedovoljan (npr. gusenice gubara, putnički skakavci, glodari leminzi). Njihov ekološki smisao je da su jedan od faktora regulacije brojnosti kada gustina populacije dostigne visoki nivo.

Nomadizam je oblik emigracije bez određenog pravca i bez povratka. Najčešće je u vezi sa traženjem hrane ili vode.

Imigracije su oblik migratornih kretanja suprotnih emigracijama. Predstavljaju dolazak članova jedne na teritoriju druge populacije. Po pravilu je to pojedinačna i česta pojava u prirodi. Njen ekološki značaj je jasan u slučajevima kada je ugrožen opstanak jedne populacije usled toga što je brojnost individua smanjena na minimum, ili kada se jedna uništena lokalna populacija obnavlja pridošlicama.



Sl. 155. – Uporedni prikaz zaraženosti zimskim jajima *Oligonychus ununguis* dva zasada smrča (beli kvadrati):
1 – slaba, 2 – jaka zaraza.
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

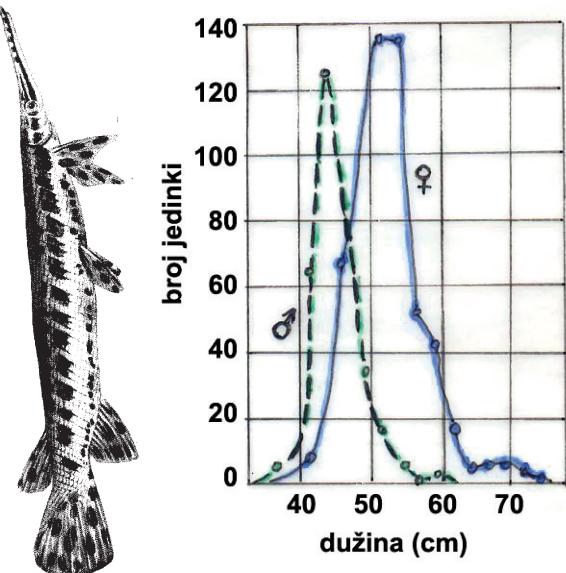
Dešava se da čovek voljno uneše jednu vrstu na mesto gde je ranije nije bilo. To je **introdukcija** ili kolonizacija, a prati je aklimatizacija te vrste novim uslovima, kroz seriju generacija.

Migracije su vrlo značajne. Zavise od dinamike brojnosti i promena veličine areala date vrste, što je podjednako bitno za ekologiju i biogeografiju.

Habitus (morphološki izgled) populacije zavisi od više faktora. Pre svega od vrste, potom od brojnog odnosa polova (tj. da li je u pitanju vrsta sa izraženim polnim dimorfizmom) i uzrasnih kategorija, kvantiteta, kvaliteta i dostupnosti rekvizitnih faktora, uhranjenosti jedinki (šarani koji su u mладости dobro hranjeni imaju grbu; visina tela karaša i bodorke takođe zavisi od uhranjenosti; boja tela bogomoljke zavisi od jačine suše), njihovog zdravstvenog stanja (veći ili manji broj jedinki puža *Zebrina detrita* je kastriran zavisno od intenziteta napada larvama metilja).

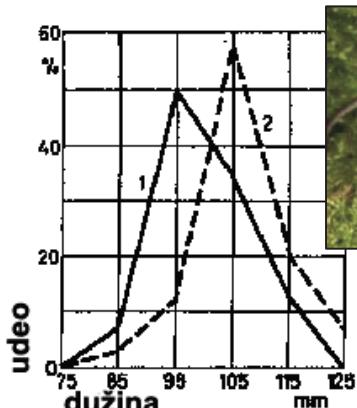
Ne postoje dve populacije koje izgledaju identično, jer se čak i jedinke istog pola i uzrasnog stupnja razlikuju po veličini tela (sl. 156*), težini, obliku, boji, konturama, tj. drugim rečima zbog individualne varijabilnosti. Ovo je bitno znati pri taksonomskim i genetičkim istraživanjima.

Ekologija populacije se između ostalog bavi i morfometrijskom diferenciranošću populacije, jer je ona uočljiva karakteristika strukture (uočljivija od drugih elemenata strukture), uslovljena i uticajima spoljašnje sredine. Cilj ekologa pri tome je da ukratko prikaže sumu morfoloških karaktera, odnosno fenotipskih svojstava jedinki. Poželjno je da time obuhvati što više karaktera, ali ako nisu svi jednak značajni, može se uzeti uporedna analiza dva ili više parametra (sl. 157) ili ograničiti samo na jedan parametar, npr. težinu tela, obojenost (sl. 158), ili čak samo na jedan deo tela (dužina repa miševa, nervatura krila leptira i sl.). Treba napomenuti da se uglavnom prikazuju rezultati posmatranja dela kolektiva (tj. dela populacije), iste starosti i pola. Morfometrijske karakteristike jedne populacije fluktuiraju.

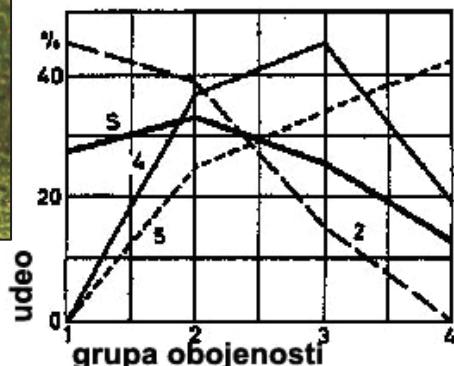


Sl. 156. – Grafički prikaz broja mužjaka i ženki i njihove dužine tela koštunjavke ribe aligatorke *Lepisosteus platyrhincus*
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

* Ribe koštunjavke zajedno sa ribama muljašicama pripadaju košljavim ganoidima (Holostei) i predstavljaju preživele vrste primitivnih fosilnih riba. Njuška koštunjavki je jako izdužena, pa ih u Severnoj Americi, gde žive, zovu "aligatorke". Dišu modifikovanim ribljim mehurom.

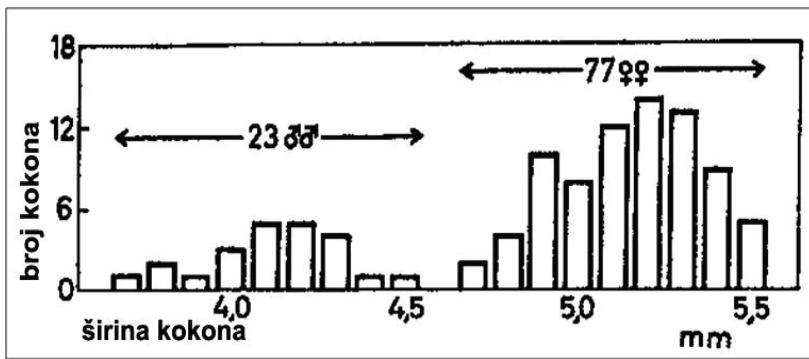


Sl. 157. – Učešće jedinki različite dužine glave i trupa (1) i repa (2) u jednoj populaciji žutogrlog miša (*Apodemus flavicollis*)
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)



Sl. 158. – Učešće jedinki različite obojenosti bokova i leđa, podeljenih u četiri grupe (1, 2, 3 i 4) i adekvatnih uzrasta (2, 4 i 5) u populaciji žutogrlog miša (*Apodemus flavicollis*);
S – sve životinje
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

Oblik i veličina tela jedinki su različiti, zavisno od starosti, pola (sl. 159), doba godine itd. Habitus populacija vrsta koje imaju složen životni ciklus zavisi i od toga da li su sve jedinke istovremeno u istoj fazi. Osim toga i sezonski promenljivi faktori sredine imaju morfoplastično dejstvo. U zimu su skakavci zastupljeni u vidu jaja; u proleće kao larve, a leti kao adulti. Nikada ne žive zajedno larve i adulti skakavaca jedne vrste. Za razliku od njih, popac u letu ima i beskrilne larve koje ne „pevaju“ i skakuću, i adulte koji „pevaju“ i imaju krila (mogu da preleću).



Sl. 159. – Dijagram variranja širine kokona borove ose listarice (*Diprion pini*) zavisno od pola (modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

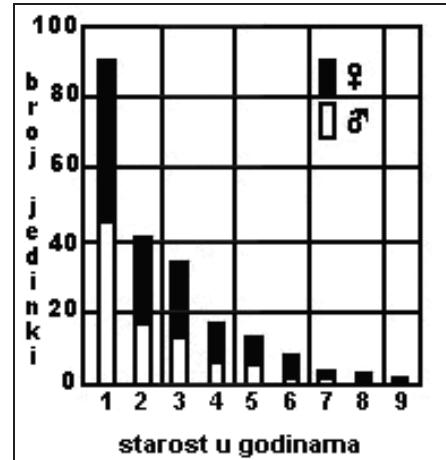
Uticaji spoljašnje sredine mogu ubrzati ili usporiti rast jedinki, a time i populacije. Na primer, srednja dužina tela poljske voluharice *Microtus arvalis* je utoliko veća ukoliko je manja gustina populacije. Obe veličine su uslovljene istim spoljašnjim faktorom. Porast gustine preko normale može uticati na habitus preko pojačane konkurenkcije i međusobne interferencije životinja, tako što će jedinke biti sitnije, lakše, možda izmenjene boje i telesnih proporcija.

Habitus populacija koje su prostorno udaljene često je u većoj ili manjoj meri različit.

Uzrasna struktura izražava brojni odnos starosnih stupnjeva koji ulaze u sastav populacije. Tesno je vezana za natalitet i mortalitet.

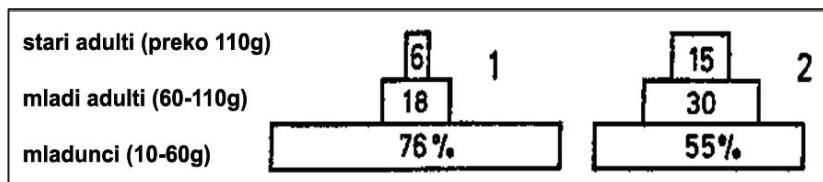
Bez obzira na to da li ima složeni ciklus razvića, svaka individua tokom života prolazi niz faza. U skladu s tim i jedinke u populaciji se uglavnom mogu grupisati u tri uzrasne kategorije (klase): **prereproduktivna, reproduktivna (generativna) i postreproduktivna (postgenerativna)**. Prereproduktivna kategorija obuhvata jedinke u fazi razvića, od oplođene jajne ćelije do polno zrelog stupnja. Kod insekata (naročito holometabolnih) u ovoj kategoriji se mogu razlikovati i subkategorije adekvatne razvojnim stupnjevima (oplođeno jaje, embrioni,

on, više larvenih stadijuma, pronimfa, lutka). Reproduktivna kategorija je od jedinki koje su polno zrele. Njihova reproduktivna faza traje dok su sposobne da se reprodukuju. Posle nastupa postreproduktivna faza koja traje do smrti. Jedinke koje su u ovoj fazi pripadaju najstarijoj uzrasnoj klasi. Trajanje faza u razviću je vrlo različito i zavisi od vrste. Ephemeroptera imaju dosta dugu (više godina) prereproduktivnu fazu u odnosu na reproduktivnu (nekoliko sati, do par meseci), a postreproduktivna ne postoji. Stoga je njihova populacija sastavljena pretežno od polno nezrelih jedinki.



Sl. 160. – Prikaz jedne populacije srna (*Capreolus capreolus*) po uzrastu i polu
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968; korisćene ilustracije iz <http://www.huntinghorizons.com/season.php?id=156> i <http://www.wildaboutbritain.co.uk/gallery/showimage.php?i=35186&c=6>)

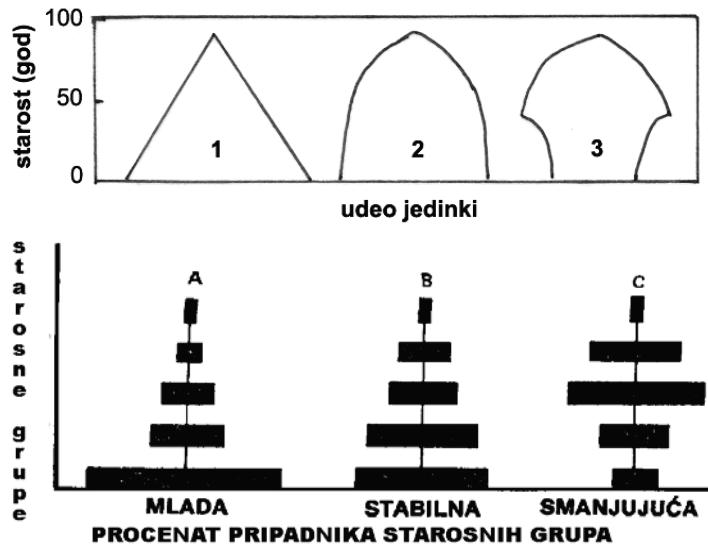
Dakle, u jednoj populaciji, zavisno od vrste, može biti samo jedan uzrasni stupanj, a može biti i više stupnjeva. Ako vrsta živi jednu sezonu i razmnožava se jednom, onda se uvek javlja samo jedna uzrasna klasa u njenim populacijama. Na primer, zimi cela populacija leptira je na embrionalnom stadijumu; sproleća je gusenična, potom mirujuća faza dijapauze u stadijumu lutke, a leti su sve odrasli leptiri. Vrste koje žive više godina i razmnožavaju se više puta godišnje imaju populacije od izmešanih uzrasnih grupa, tj. njihova uzrasna struktura je složena (sl. 160). Takve su npr. populacije glodara (pacova, miševa, voluharica). Ženka sivog pacova koti 8–9 mladunaca po leglu, a daje 2–3, nekad i sedam godišnje. Mladunci su polno zreli sa 2,5 meseca starosti. Reproduktivno sposobni su narednih 15–16 meseci.



Sl. 161. – Uzrasne piramide dveju populacija pamučnog pacova *Sigmodon hispidus* sa 1-višom i 2-nižom abundancijom
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968;
ilustracija iz http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sigmodon_hispidus1.jpg)

Uzrasna struktura varira pod dejstvom spoljašnjih faktora i specifičnih uzroka u samoj populaciji (zdravstvenog stanja, npr.).

Uzrasna struktura populacije zavisi od načina, broja i dužine razmnožavanja i specifičnosti životnog ciklusa. Obično je predstavljamo **starosnim poligonom (uzrasnom piramidom)**, gde je spratovima prikazana procentualna zastupljenost tri uzrasne klase (prereproduktivne, reproduktivne i postreproduktivne) (sl. 161). Stepenasta uzrasna struktura je zastupljena kod vrsta koje se razmnožavaju jednom u toku godine, a klizeća – više puta.

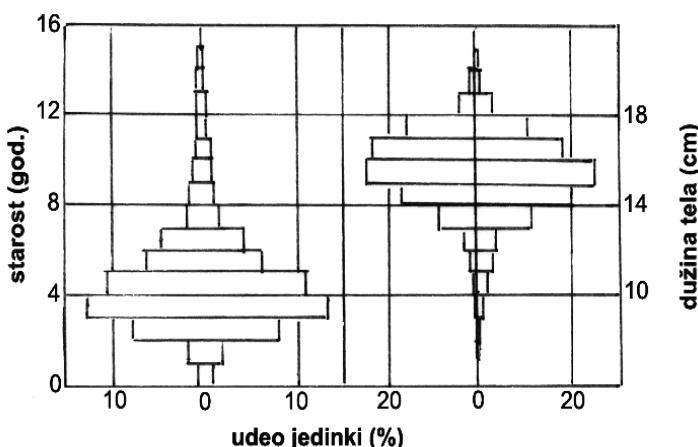


Sl. 162. – Tri osnovna tipa populacija po uzrasnoj strukturi
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

uzrasnih poligona (sl. 162). Kod rastućih populacija on ima oblik kupe ili piramide (najviše je mladih jedinki). Zvonast označava stabilnu populaciju. Oblik pečurke (urne) primer je regresivne (smanjujuće) populacije. Za ljudsku vrstu on je oblika piramide – broj individua je sa starošću sve manji, period razmnožavanja je razvučen na više godina, a moguće je i višekratno. Poligon u vidu obrnute kupe imaju vrste sa vrlo malo potomaka, a koje žive vrlo dugo. Ukoliko se pol razlikuje u sve tri uzrasne klase, može se piramida praviti kombinovano, tako da ima dva dela – jedan za mužjake, a drugi za ženke, i tako istovremeno prikazivati i polna i uzrasna struktura (desni deo sl. 163).

Starosna struktura populacije je indikator pravca njenog kretanja (napredak, stagnacija ili regresija), jer je reproduktivna sposobnost u vezi sa određenom uzrasnom klasom. Po pravilu brojčana dominacija mladih jedinki ukazuje na brzi tempo rasta populacije. Više ili manje ravnomerna zastupljenost svih uzrasnih klasa (kategorija) karakteriše populaciju u stacionarnom stanju. Ukoliko dominiraju starije uzrasne klase, populacija je u opadanju.

Međutim, nije uvek tako. Kod vrsta koje ostavljaju malo potomaka (npr. par orlova podiže samo jednoga godišnje), ali se brižno o njima staraju i uspevaju da skoro svi mlađi prežive, osnovica poligona je uža nego sredina, a populacija ipak ima dobru perspektivu.



Sl. 163. – Uporedni prikaz starosne strukture jedne populacije ptice obične čigre (*Sternula hirundo*) i starosne i polne strukture populacije vodene voluharice (*Arvicola terrestris*)
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

Kod pacova se lovom u klopkama najviše (60%) nalaze adultne reproduktivno sposobne jedinke. Mlađe su malobrojne, jer se daju uloviti samo mladunci koji su napustili majčino gnezdo (stariji od 25 dana). U klopke retko ulaze i skotne ženke, kao i ženke u laktaciji. Jedinke u postreprodukтивnoj fazi se teško love usled veštine i iskustva sa čovekom. Od njih se u klopkama zatiču samo kondiciono najslabije. Međutim, moguće je uzrasnu strukturu pacova prikazati grafikonom po mesecima starosti, bez obzira na pol. Jedinke stare do jednog meseca čine 7% od ukupnog broja ulovljenih, do dva meseca 5%, tri meseca 15%, četiri 0%, pet 3% itd.

U principu postoje tri tipa uzrasnih poligona (sl. 162). Kod rastućih populacija on ima oblik kupe ili piramide (najviše je mladih jedinki). Zvonast označava stabilnu populaciju. Oblik pečurke (urne) primer je regresivne (smanjujuće) populacije. Za ljudsku vrstu on je oblika piramide – broj individua je sa starošću sve manji, period razmnožavanja je razvučen na više godina, a moguće je i višekratno. Poligon u vidu obrnute kupe imaju vrste sa vrlo malo potomaka, a koje žive vrlo dugo. Ukoliko se pol razlikuje u sve tri uzrasne klase, može se piramida praviti kombinovano, tako da ima dva dela – jedan za mužjake, a drugi za ženke, i tako istovremeno prikazivati i polna i uzrasna struktura (desni deo sl. 163).

Polna struktura dolazi do izražaja kod biseksualnih vrsta (odnosno vrsta odvojenih polova, tj. gde postoje mužjaci i ženke). Ona predstavlja brojni odnos mužjaka i ženki u populaciji. Vegetativno razmnožavanje protozoa i dupljara daje populacije gde se jedinke ne razlikuju po polu. Ipak je većina životinjskih populacija sastavljena od polno diferenciranih jedinki (jednog pola, ili oba pola, s tim što njihova zastupljenost može biti različita). Kod mnogih vrsta je idealan odnos mužjaka i ženki 1:1, ali zavisno od vrste može biti pomeren u korist jednog

pola. Ako je prisutna pojava partenogeneze, kao npr. kod zemljišnih buba patuljaka* gde je odnos od 2,5 do 2,8 prema jedan (2,5–2,8:1) u korist ženki, pošto se iz neoplođenih jaja razvijaju samo ženke, a iz oplođenih podjednak broj mužjaka i ženki. Odstupanja u korist muškog pola su kod njih rezultat većeg mortaliteta ženki.

U literaturi se osim proporcijom, odnos polova može prikazati procentualno (npr. 40% mužjaka i 60% ženki), **polnom srazmerom** (broj predstavnika jednog pola se prikaže kao 100%, a drugog u odnosu na njega; npr. 100% mužjaka prema 130% ženki), **udelom ženki** u čitavoj populaciji predstavljenoj kao 100 ili **seksualnim indeksom** (udelom ženki u populaciji predstavljenoj kao 1).

U pogledu etapa individualnog razvića mogu se fiksirati tri prelomne tačke u odnosu na koje se razmatra polna struktura populacije – oplođenje jajeta, rođenje (odvajanje od majke) i razvoj sposobnosti za razmnožavanje. Po njima razlikujemo primarnu, sekundarnu i tercijarnu polnu strukturu.

Primarna polna struktura populacije je na nivou oplođenih jaja (embriона), dok mlađunci ne napuste telo majke. Tada je seksualni indeks blizak jedinici. Primarni mortalitet pomerava ovu ravnotežu polova u jednu stranu. Pol potomaka je određen fenotipski (spoljašnjim faktorima) ili genotipski (unutrašnjim, hromozomskim faktorima).

Sekundarna polna struktura je, takođe, u prereprodukтивnom periodu. Razlikuje se od primarne, jer može da dođe do povećanog mortaliteta jednog pola usled veće osetljivosti na promene spoljašnje sredine (npr. neku bolest), usled čega se može narušiti primarna struktura.

Tercijarna polna struktura je u periodu razmnožavanja individua u populaciji. Tada mortalitet (tercijarni) uništava jedinke jednog ili oba pola. U tom periodu su kod većine vrsta najizraženije odlike polnog dimorfizma – ženke životinjskih vrsta su uglavnom neprimetne u pogledu boje, a mužjaci su šareniji, upadljiviji za neprijatelja, aktivniji u nabavljanju hrane, pa ih više i strada. **Reproducativni udio polova** predstavlja zastupljenost jedinki oba pola koje su u populaciji u fazi razmnožavanja.

U demekologiji su posebno zanimljivi sekundarni i tercijarni odnosi polova, ali i proporcije u međustadijumima, npr. kod insekata sa potpunim razvićem.

Jednopolne (uniseksualne) populacije se sastoje isključivo od jedinki jednog pola. To su uglavnom privremeni, vremenski ograničeni, kolektivi. Mužjaci jelena *Cervus elaphus* (sl. 164) se posle parenja odvajaju od ženki. Leti su mužjaci ljiljka (slepog miša) vrste rani večernik (*Nyctalus noctula*) odvojeni od ženki. Neke ptice se takođe tokom određenih sezona privremeno razdvajaju po polu, pogotovo kod migratornih vrsta kada mužjaci stižu ranije u gnezdišta kako bi na vreme asgradili gnezda.

Populacije sastavljene isključivo od ženki mogu biti vremenski ograničena **heterogenija** pri smenjivanju dvopolne i partenogenetske generacije.

U biseksualnim populacijama odnos polova je posledica četiri uzroka:

- promene temperature spoljašnje sredine;
- verovatnoće nastanka određenog pola u toku oplođenja;
- veće prenatalne i postnatalne smrtnosti pripadnika jednog pola; i
- imigracija i emigracija predstavnika jednog pola.

Uzroci različite smrtnosti polova su veoma bitni u istoj populaciji. Ona može biti indukovana u toku oplođenja u prisustvu letalnog gena vezanog za polni hromozom.



Sl. 164. – *Cervus elaphus*
(http://www.hlasek.com/cervus_elaphus_e_b4509.html)

* podfamilija Pselaphinae u familiji kusokrilaca Staphylinidae

Fiziološka dužina života je često različita kod predstavnika različitih polova, pa usled starosti češće uginu jedinke jednog pola. Za većinu sisarskih vrsta je konstatovano da je usled veće podložnosti mužjaka parazitima, među njima izraženiji mortalitet.

Različita međusobna podnošljivost (tolerancija) među jedinkama istog pola u uslovima povećane gustine populacije takođe može dovesti do redukcije broja jedinki jednog pola. Na primer rivalitet među mužjacima poljske voluharice ukoliko ne pripadaju istoj porodici u toku perioda razmnožavanja je povećan, za razliku od ženki, koje su tolerantnije.

Za odnos polova bitna je i različita podnošljivost različitih klimatskih uslova (npr. visoka temperatura, jak vетар, visoki vazdušni pritisak) kod različitih polova.

Osim navedenog, i nedostatak hrane može u ranijim razvojnim stupnjevima izazvati predominaciju jedinki jednog pola. Ženke gusenice raznih leptira pripremaju velike zalihe hrane za fazu produkcije jaja, jer se imago ne hrani.

Važni su i predatori, jer se mogu opredeliti za lov jedinki samo jednog pola. Ženske larve nekih opnokrilaca imaju duže razviće od mužjaka, pa su time duže izložene pticama i dr. predatorima. Lančano, populacija sa manje ženki, produkuje manje potomaka. Očigledno ideo polova ima bitan značaj za budućnost populacije.

Zdravstveno stanje populacije zavisi od kondicije svih članova, njihove uhranjenosti, dejstva parazita i bolesti. Neke strukture su osetljivije (jedan od polova, ili neki uzrasni stadijum). Različite populacije imaju različito zdravstveno stanje zavisno ne samo od otpornosti organizama, dinamike širenja parazita, virulencije i sl., nego i od unutrašnjih populacionih faktora (gustine jedinki koja direktno diktira mogućnost prenosa bolesti), klimatskih faktora u konkretnom demotopu.

U prirodi populacije uglavnom nisu potpuno izolovane (retke su zajednice poput Ohridskog i Prespanskog jezera u Makedoniji). Uvek ima individua (obično iz ivičnih zona) koje prelaze u susednu populaciju (emigriraju). One doprinose kombinovanju genotipova. Time se selekcioni pritisak iz jedne populacije, gde desetak godina vladaju isti uslovi, prenosi u druge populacije. **Emigranti** iz napuštene populacije se u drugoj populaciji tretiraju kao **imigranti**, donoseci novih svojstava, kojima se možda može popraviti zdravstveno stanje i kondicija novog društva.

5.2.2. Funkcionalni elementi strukture populacije

Svojstva populacije koja predstavljaju njenu sposobnost ili potenciju su funkcionalni elementi strukture populacije. Strukturni funkcionalni elementi su etološka, fiziološka, reproduktivna sposobnost, sposobnost preživljavanja i međuindividualni odnosi.

Ponašanje populacije karakteriše svaku populaciju. Može biti individualno i populaciono (kolektivno) ponašanje. Neke vrste ispoljavaju i familijarno ponašanje. **Etologija** je nauka koja se bavi proučavanjem ponašanja životinja. To je relativno nova disciplina, priznata 1973., kada je austrijski zoolog Konrad Lorenz (sl. 165) podelio Nobelovu nagradu za fiziologiju i medicinu sa etolozima, zemljakom Karлом fon Frisom (Karl Ritter von Frisch, 1886–1982) i Holandaninom Tinbergenom (Nikolaas „Niko“ Tinbergen, 1907–1988) za otkrića u oblasti organizacije individualnih i socijalnih modela ponašanja.

Ponašanje je skup aktivnosti uslovljanih nagonom ili nadražajima: glad tera životinju da traži hranu



Sl. 165. – Konrad Zacharias Lorenz,
(1903–1989)
(http://en.wikipedia.org/wiki/Konrad_Lorenz)

nu; svetlosni nadražaji je privlače ili odbijaju i td. Ono pre svega zavisi od toga o kojoj vrsti se radi. Svaka jedinka se ponaša nezavisno od ostalih pripadnika vrste. To je individualno ponašanje. Za razliku od njega, populaciono ponašanje je kada se nagon, draži i aktivnosti dovode u vezu sa drugim članovima kolektiva (npr. zajednički život u čoporu, ili održanje teritorije stanovanja u odnosu na susede itd.). **Jedinka kada je sama i kada je u sklopu populacije nema identično ponašanje.** U populaciji se oseća zaštićenijom, pa pokazuje više sigurnosti, opuštenosti, ali i agresivnosti u datim prilikama. Ovca izdvojena iz stada čak pada u stanje tzv. **socijalne depresije**.

Individue se uvek održavaju u populaciji. Ribe u jatu nastoje da ostanu zajedno. Skakavci se striduliranjem (proizvodnja zvuka trenjem delova tela) održavaju na okupu, mada na tačno određenoj distanci jedan od drugog.

Individualno ponašanje pripadnika jedne populacije nije ujednačeno. To može da ilustruje preferentno ponašanje prema abiotičkim faktorima. Na primer, većina gusenica borovog smotavca sklona je određenoj vlažnosti sredine. Većina pacova u koloniji uzima mamac iz klopki, ali neki od njih posle izvesnog vremena to ne čine i vraćaju se na ranije korišćenu hrani.

Razlike u individualnom ponašanju u jednoj populaciji mogu biti uslovljene heterogenim sastavom populacije, tj. razlikama u starosti, polu, zdravstvenom stanju. Varijabilitet individualnog ponašanja homogenih populacija sledi binominalnu distribuciju. U novije vreme utvrđeno je da razlike u ponašanju katkada imaju i drugačiju distribuciju, zapravo grupne tipove izražavanja. Primer je distribucija larvi u odnosu na izvor svetlosti. Unutar jedne homogene populacije je moguće razlikovati frakcije (grupe) sa različitim ponašanjem. Razlike među grupama nisu uslovljene samo individualnim ponašanjem, nego i drugim svojstvima i uticajima, pre svega razvićem životinja i njihovom osetljivošću na štetne uticaje.

Osnovni oblici populacionog ponašanja su socijalno i teritorijalno.

Socijalno ponašanje je prisutno kod životinja sa izraženom težnjom i nagonom okupljanja. U primitivnijim slučajevima okupljanje je uslovljeno atraktivnim dražima (npr. okupljanje jedinki iste vrste insekata na lišću biljke kojom se hrane). Kod viših oblika socijalnog ponašanja postoji osim ovakvih atraktivnih draži i potreba za drugim jedinkama iste vrste, tj. socijalni nagon. Ispitivanjem socijalnih potreba životinja se bavi **zoosociologija**. Pomoću nagona podražavanja (socijalnog imitiranja) vrši se koordinacija i sinhronizacija aktivnosti individua u grupi (pripadnici jata ptica sleću i poleću zajedno, majmuni iz iste grupe se međusobno timare i sl.). Unutar društva jedinke imaju različit socijalni značaj, tj. izražena je intra-specijska dominacija pojedinih životinja. Tako svaki čopor, krdo, jato, imaju svog predvodnika. Socijalna struktura je u vezi sa podelom aktivnosti u društvu. Podela rada dalje vodi hierarhiji i ograničavanju teritorija (revira). Zavisno od toga koliko jedinki naseljava revir, postoje individualne, porodične i grupne teritorije u okviru populacije. Prema vremenskom trajanju teritorije i grupe mogu biti permanentne ili povremene.



Sl. 166. – Putnički skakavac (*Locusta migratoria*) i njegova najezda
(http://en.wikipedia.org/wiki/Locusta_migratoria)

Socijalno ponašanje ima veliki uticaj na disperziju jedinki u prostoru, uz poštovanje individualne teritorijalnosti (galebovi) ili potrebe za neposrednim telesnim kontaktom sa drugim članovima grupe (divlje i domaće svinje).

Ponašanje utiče i na druge elemente strukture populacije. Nastanak i opseg socijalnog ponašanja podležu uticajima faktora životne sredine, individualnog razvića, gustine populacije. Na primer, kada populacija putničkog skakavca (sl. 166) zbog preterane brojnosti jedinki pređe u gregarnu fazu (grupisanje), to ne znači samo promenu njenog socijalnog ponašanja (dotadašnjih odnosa među jedinkama, gde jedinka nije u jednom mahu kadra da pređe skokom više od nekoliko metara), već i spremnost da grupa napusti mesto boravka i pode na daleki put (leti stotinama, pa i hiljadama kilometara daleko), ostavljajući iza sebe pravu



Sl. 167. – Leming *Lemmus lemmus*
(http://www.hlasek.com/lemmus_lemmus_8566.html)

pustoš od uništenih polja i šuma. Drugim rečima, prenamnoženje može da učini da stacionarne životinje postaju migranti. Leminzi (sl. 167) usled prenamnoženja preduzimaju masovno kolektivno putovanje i samoubistvo bacajući se sa litica u provalije.

Ponašanje brojlera na farmi može otici u kanibalizam ukoliko se svakoj jedinki ne da dovoljno prostora.

Uticaj ponašanja na dinamiku populacije je vrlo izražen, pogotovo u uslovima pojačane konkurenциje. Pri tome do izražaja dolazi i plastičnost ponašanja životinja.*

Populaciona konstitucija (kondicija) je zbirno stanje kondicije svih jedinki u njoj, tj. odraz njihovog fiziološkog stanja i sposobnosti. Konstitucija jedinke predstavlja određene urođene ili stecene osobine koje životinju čine sposobnom da obavlja određene poslove.



Sl. 168. – Notostraca rak
(http://en.academic.ru/pictures/enwiki/84/Triops_longicaudatus.jpg)

Kondicijalni uslovi su specifični za vrstu – npr. vodena vrsta ne može podneti sušu, ako nije specijalno već pripremljena (anatomske i fiziološke), poput Anostraca i Notostraca (sl. 99 i 168) raka, npr., na presušivanje staništa. Dobro zdravstveno stanje može pružiti neke predispozicije za olakšano preživljavanje nepovoljnih uslova (npr. samo jače pijavice mogu preživeti sušni period zakopane u mulju na dnu potoka, dok će većina podleći).

Zbog različite konstitucije, dve populacije gusenica smrekovog gubara *Lymantria monacha* prvog stadijuma, sa različitim lokalitetima, se u normalnim uslovima presvlače sa razlikom od dva dana, iako su im životni uslovi isti.

Urođene sposobnosti su genetski uslovljene reakcione norme, tj. svojstva nasleđena od roditelja. Osim toga, od starosti, uhranjenosti i zdravstvenog stanja majke zavisće razviće i konstitucija potomaka, ali je ona uveliko uslovljena i ishranom, socijalnom opterećenošću i navikama jedinki.

Razlike u kondiciji jedinki, grupa i populacija dovode do razlika u preživljavanju nepovoljnih uslova i u brzini razvića. Otuda imigracija novih članova može imati veliki značaj na kondiciju date populacije.

* Kod ženki poljske voluharice *Microtus arvalis*, npr. plastičnost u ponašanju se manifestuje njihovim dopuštanjem da se njihovi lični reviri i areali aktivnosti smanju, kako bi međuprostore naselile mlade jedinke.

Promenljivost konstitucije populacije je posledica dvaju razloga – promena u toku razvića kod svih članova i selekcije (prirodnog odabiranja) u populaciji.

Reprodukтивna sposobnost populacije je realizovana **natalitetom (rađanjem)**. Inače, biološki potencijal vrste da se umnožava (tj. plodnost, ili kapacitet razmnožavanja) je uvek veći od ostvarenog.

Fekunditet označava fiziološki maksimalno moguću sposobnost produkcije funkcionalnih gameta (polnih ćelija, tj. jaja odnosno jajnih ćelija i sperme) po jedinki date vrste. Fekunditet zavisi od vrste. Uglavnom se izražava produkcijom ženskih gameta, jer se sperma pretežno produkuje u masi i spermatozoid je sitnih dimenzija.

Fertilitet je sposobnost da se ima potomstvo*. Nasuprot njemu je termin sterilitet. Fertilitet predstavlja broj stvarno oplođenih jaja u telu jedne ženke. U prirodnim uslovima, fertilitet zavisi od uslova sredine. Fertilitet diktiraju tri faktora: fekunditet, verovatnoća da će jajna ćelija biti oplođena i verovatnoća da embrion opstane.

Fekunditet, drugim rečima, predstavlja ono što data vrsta teoretski može postići u smislu maksimalne reprodukcije, dok je fertilitet ono što ona stvarno postiže u konkretnim uslovima. Stopa reprodukcije po jednom parenju (ili generaciji) je određena kako fekunditetom jedinki, tako i fertilitetom njihovih parenja.

Reprodukcioni potencijal, tj. potencijal razmnožavanja, je maksimalno mogući fertilitet koji bi se ostvario pod optimalnim uslovima. Njegovo poznavanje je značajno, jer se prema njemu može odmeravati dejstvo konkretnih ekoloških uslova na natalitet u datoј populaciji.

Razlike u plodnosti su izraz istorijski izraženih mogućnosti vrste, a pogotovo mogućnosti preživljavanja mlađih. Vrste koje imaju veliki broj neprijatelja i drugih rizika imaju veći fekunditet. Školjka ostriga *Ostrea edulis* (sl. 169) produkuje 55 do 114 miliona jaja u toku života. Plava kraba u zapadnom Atlantiku polaže ne manje od 1.750.000 jaja odjednom. Visoku produkciju jaja imaju i termiti, razni drugi insekti, ribe. Iz jednog proglotisa pantljičare *Taenia* se oslobođa bar 8.800 jaja. Ako imamo u vidu da se na svaka 24 sata otkine po 13 do 14 proglotisa ispunjenih oplođenim jajima, postaje jasna visina potencijala njene produkcije, uslovljene verovatnoćom da se bar neko jaje sretne sa adekvatnim domaćinom u



Sl. 169. – Školjka *Ostrea edulis* (http://www.peixosdepalamos.com/html/img/productes/fitxa_productes/Ostraweb.jpg)



Sl. 170. – Nosorog (a) i tapir (b) (http://www.hlasek.com/foto/ceratotherium_simum_dc0373.jpg i http://www.hlasek.com/tapirus_terrestris_e6495.html)

* Fertilizacija je oplođenje jajne ćelije.

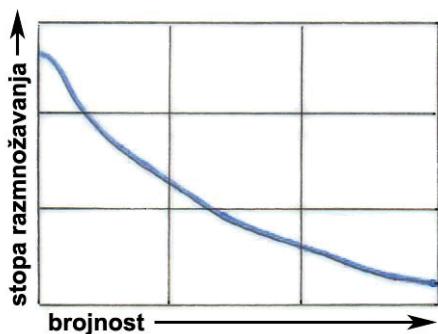
kojem će moći da nastavi razvoj. U principu, homeotermi imaju manju plodnost nego pojkkilothermi, i to naročito krupni. Slon za ceo život (dug oko 70 godina) ostavi samo 5–6 potomaka; nosorog (sl. 170a) i tapir (sl. 170b) rađaju samo po jedno mladunče godišnje.

Kod organizama koji imaju unutrašnje oplođenje, a pogotovo kod viviparnih (koji rađaju žive mладунце), fertilitet je očigledan. Za razliku od njega, fekunditet je često teško proceniti.

Natalitet predstavlja produkciju (rađanje) novih jedinki u populaciji u postojećim, (uglavnom ne optimalnim) uslovima sredine. Njime se brojnost populacije uvećava, tj. on je faktor pozitivnog rasta populacije.

Producija novih jedinki u populaciji izražena u jedinici vremena je **stopa nataliteta** (stopa rađanja). Dobija se tako što se broj novorođenih podeli proteklim vremenskim periodom. Predstavlja se brojem novorođenih jedinki u populaciji u toku određenog vremenskog intervala (godine, meseca, dana, sata) na 100 (u procentima) ili 1.000 (u promilima) jedinki. Stopa nataliteta je uvek pozitivna vrednost, eventualno jednak nuli.

Na primer, u SFRJ je stopa nataliteta stanovništva 1959. iznosila 23,5%, a u Srbiji 24%. Često se stopa nataliteta izračunava samo za određenu starosnu klasu, i uglavnom u odnosu na ženke koje su u reproduktivnoj fazi.



Sl. 171. – Stopa reprodukcije pasuljevog žiška u zavisnosti od abundancije
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

Na sl. 171. je prikazana stopa reprodukcije pasuljevog žiška u zavisnosti od abundancije. Kriva je eksponentno padajuća, prelazeći horizontalnu liniju u sredini grafika.

U pogledu vremenskog trajanja perioda razmnožavanja razlikujemo sledeće tipove razmnožavanja: sezonsko, u toku jedne godine i u toku celog života.

Sezonsko razmnožavanje može biti:

a) **indiferentno** (nezavisno) od doba godine (npr. kod čoveka i još nekih sisara, ali i kod insekata u tropskim predelima ili gajenim u klima komorama);

b) **fiksirano** u određenom ograničenom dobu godine, npr. rađanje mlađih kod srne (*Capreolus capreolus*) u maju i junu; čuk *Athene noctua* (sl. 172) jaja polaže u aprilu i maju;

c) **indukovano** kada reprodukcija nije ograničena na doba godine, nego zavisi od meteoroloških uslova (poljska voluharica završava svoju reprodukciju u jesen, ali se pod određenim uslovima, može reprodukovati i tokom zime, pod debelim snežnim pokrivačem).

Godišnje razmnožavanje može biti:

a) jednom u toku godine (kod životinja sa sezonski fiksiranim vremenom razmnožavanja – srna, čuk i sl.);

b) dva puta u godini (npr. velika senica *Parus major* se dva puta godišnje gnezdi);



Sl. 172. – *Athene noctua*
(http://www.ivnvechtplassen.org/ivn_vogels_veen_weide/Steenuil_Athene-noctua.html)

c) više puta u godini, tj. praktično neprekidno (ljudi, životinje sa indiferentnim ili indukovanim razmnožavanjem, poput poljske voluharice *Microtus arvalis* (sl. 173), koja ima 3–7 nakota; ili domaćeg vrapca *Passer domesticus* sa 3–4 legla godišnje).

Razmnožavanje u toku života

jedne vrste može biti:
a) neprekidno (kod životinja čiji je adultni stadijum kratak, npr. leptir mrazovac *Erannis defoliaria*; ili dug više meseci do dve godine);

b) može da se ponavlja više puta, tj. višekratno (pluri-parne ili multiparne vrste; npr. smrekov potkornjak *Ips typographus* polaže jaja u aprilu i maju, pa ponovo u junu i julu).

Tokom perioda reprodukcije, rađanje (ili polaganja jaja) može teći kontinuirano (manje-više neprekidno), ili diskontinuirano (kao kod voluharice i gubara).

Razni faktori utiču na variranje broja potomaka u populacijama iste vrste. Najvažniji su različita starost majki (kod sivog pacova broj mladunaca raste do četvrtog nakota, a posle opada, tj. po nakotima iznosi redom 7, 9, 10–11, 13–14, 10, 7, 3–4), konstitucija ženki, prisustvo i uticaj seksualnih partnera, abundancija (istovremeno prisustvo mužjaka i ženki u populaciji vodi porastu nataliteta, ali prevelika gustina ima negativne stresne efekte kao posledicu konkurenциje za smanjene resurse ili direktnog uzajamnog uzinemiravanja životinja, pa natalitet opada), hrana. Međutim, bitna su i dejstva abiotičke sredine. Svetlost deluje dužinom dana, ali i kvalitetom – krompirova zlatica *Leptinotarsa decemlineata* produkuje više jaja ako je svetlost jača, a slično je sa kokošima i veštački gajenim fazanima. Sposobnost razmnožavanja pojkiloterama se povećava sa porastom temperature sredine, ali ne raste i natalitet, pošto se skraćuje život ženki. Vlažnost sredine je takođe bitna – nama i drugim sisarima je potrebna dodatna voda. Ipak, u prirodi su presudna kombinovana dejstva klimatskih faktora, npr. izrazito je negativno dejstvo golomrazice.

Ukoliko su populacije sa razuđenom uzrasnom strukturom, teže je ilustrovati njihov fertilitet, pa se pribegava pravljenuju **tablica nataliteta***.

Mortalitet (smrtnost) je faktor negativnog rasta populacije. To je sposobnost preživljavanja. **Stopa mortaliteta** se izražava brojem uginulih jedinki u populaciji u jedinici vremena. Opšti mortalitet, za razliku od specifičnog, ne deli populaciju na starosne klase i po polu.

* Npr. ova tablica za jednu populaciju senice *Parus major* sadrži sledeće kolone: starost jedinki u godinama (od 0 do 8; to su redovi u tabeli) x , broj jedinki po uzrastima n_x , polni (seksualni) indeks i_x , broj ženki w_x , od toga je reproduktivno r_x (izraženo decimalnim brojem, pri čemu 1 predstavlja 100%), broj reproduktivnih ženki w_{rx} , broj legala po ženki b_{rx} , ukupan broj legala b_x , broj jaja po leglu p_{bx} , ukupan broj jaja p_x , stopa rađanja f_x - (tab. 7).

Tabela 7. - Tablica nataliteta za jednu populaciju senice *Parus major*

x	n_x	i_x	w_x	r_x	w_{rx}	b_{rx}	b_x	p_{bx}	p_x	f_x
0	1000	0,50	500	-	-	-	-	-	-	-
1	130	0,49	64	0,9	58	1,1	64	7	448	3,4
2	65	0,48	31	0,9	28	1,3	36	8	188	4,4
3	32	0,47	15	0,9	14	1,3	18	8	144	4,5
4	16	0,46	7	0,9	6	1,3	8	8	64	4,0
5	8	0,45	4	0,9	4	1,3	5	7	35	4,4
6	4	0,44	2	0,9	2	1,2	2	7	14	3,3
7	2	0,43	1	0,9	1	1,1	1	7	7	3,5
8	1	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-
								Σ	1000	0,8



Sl. 173. – *Microtus arvalis*
(http://www.hlasek.com/micromys_arvalis_e3943.html)

Fiziološki mortalitet (minimalni) predstavlja smrtnost u populaciji izazvanu jedino fiziološkom starošću jedinki, u optimalnim ekološkim uslovima. On je konstanta za vrstu. **Eko-loški mortalitet** je varijabilna vrednost, jer predstavlja smrtnost pod realnim uslovima.

Za sticanje slike o pravcu kretanja neke populacije nije dovoljno znati samo njen mortalitet, već i mortalitet, imigracije i emigracije i dr. Za dinamiku populacije je ostvarena prosečna dužina života veoma važna. Pošto je smrtnost jedinki nejednaka u pojedinim uzrasnim klasama, tj. stadijumima razvića, potrebno je primenom statističke metode poznate kao **tablica mortaliteta (tablica preživljavanja)**, odrediti stopu preživljavnja po uzrastima. Tako se utvrđuje koji je stadijum najugroženiji. Razlikuju se primarni, prenatalni i postnatalni mortalitet, jer je stopa (broj uginulih jedinki u određenom periodu vremena) različita za svaki uzrasni stadijum.

Kako će tablica preživljavanja biti konstruisana, tj. koje će sve parametre da uzima u obzir, zavisi od tipa životnog ciklusa date vrste. U principu se po tipu životnog ciklusa može razlikovati pet vidova organizama:

- jednogodišnji (život im traje približno 12 meseci ili kraće; razviće jedinki je sinhrono, tj. u isto vreme su u istoj razvojnoj fazi; sve jedinke su u isto vreme polno zrele i razmnožavaju se, tj. prolaze kroz reproduktivnu fazu, nakon čega uginu; takva je većina slobodnoživećih vrsta insekata u umerenim područjima)
- višegodišnji sa višestrukim reproduktivnim periodom (žive više godina, razmnožavaju se višekratno, ali jednom godišnje; u takvim populacijama se preklapaju različite generacije, tj. razuđena je uzrasna struktura; takve su ptice umerenih klimatskih područja, neki korali, većina drvenastih biljaka i trava)
- žive duže od jedne godine, a razmnožavaju se više puta, nevezano za godišnje doba (tj. nemaju specijalni reproduktivni deo godine; takva je većina glodara, pogotovo kućnih)
- dvogodišnji sa jednokratnim reproduktivnim periodom i
- višegodišnji permanentno reproduktivni (ljudske populacije).

Bez obzira kom tipu životnog ciklusa pripada vrsta čiju populaciju proučavamo, osnovne rubrike (kolone) u tablici preživljavanja su:

x – uzrast (uzrasna klasa, generacija odnosno **kohorta**)

n_x – broj jedinki u kohorti tj. datom uzrastu

l_x - udeo jedinki u originalnoj kohorti koje su preživele od prethodnog do datog uzrasta x, x+1, x+2 i td. (ako je =1, znači da je čitava generacija preživila)

d_x – udeo jedinki iz originalne kohorte koje su uginule u intervalu od prethodnog do datog uzrasta, tj. između x i x+1, odnosno x+1 i x+2 i td.

q_x – stopa mortaliteta za uzrasnu klasu.).*

Fiziološka dužina života je genetski zapisana u naslednom materijalu svake vrste. Ona zapravo predstavlja maksimum trajanja života u optimalnim uslovima sredine. Bakterije imaju dužinu života izraženu u minutima, a morske kornjače u stotinama godina.

* Kao primer uzmišljmo tablicu preživljavanja poljskog skakavca izloženu u tab. 8. Ona je za potrebe konkretnog istraživanja dopunjena kolonama **F_x** – broj produkovanih jaja, **m_x** – broj produkovanih jaja po preživeloj jedinki i **l_x m_x** – broj produkovanih jaja po originalnoj jedinki iz datog uzrasnog stupnja.

Tabela 8. - Tablica preživljavanja poljskog skakavca *Chorthippus brunneus*
(prema Richards & Waloff, 1954, iz Begon et al., 2000; izmenjeno)

x	n_x	l_x	d_x	q_x	F_x	m_x	l_x m_x
Jaja (0)	44000	1,000	0,920	0,92	-	-	-
Larve I (1)	3513	0,080	0,022	0,28	-	-	-
Larve II (2)	2529	0,058	0,014	0,24	-	-	-
Larve III (3)	1922	0,044	0,011	0,25	-	-	-
Larve IV (4)	1461	0,033	0,003	0,11	-	-	-
Adulti (5)	1300	0,030	-	-	22617	17	0,51

Ekološka dužina života, međutim, zavisi od uslova za život. Tako malu morsku korjaču, kadru da dugo živi, mogu odmah pošto se ispilila, na putu do vode, da pojedu galebovi. Vrapci i senice u prvoj godini života imaju veliku smrtnost, za razliku od sove.*

Narušavanje prostora potrebnog svakoj jedinki za egzistenciju (prenamnoženost) dovodi do lakšeg prenosa bolesti, opadanja kondicije populacije, pa može porasti mortalitet.

Očekuje se da smanjenje brojnosti populacija predatora doveđe do pada mortaliteta u populaciji plena. Međutim, nije baš tako. Posle II svetskog rata su u okolini Splita uništavali

* Pravljenje tablica preživljavanja za višegodišnje vrste je komplikovanije nego za jednogodišnje, zato što tu nije jasna smena kohorti (generacija, odnosno uzrasnih stupnjeva) već su one istovremeno prisutne, odnosno preklapaju se.

I_x – prosečni broj godina koje prožive jedinke u datom uzrastu (dobija se tako što se zbir vrednosti I_x i I_{x+1} podeli sa dva)

T_x – broj jedinica vremena koje proteknu od uzrasta x (dobija se sabiranjem svih vrednosti L_x od dna tabele do x).

e_x – očekivana dužina života (dobija se deljenjem vrednosti T_x za određenu uzrasnu klasu vrednošću I_x za isti uzrast).

Kao ilustracija može da posluži tablica preživljavanja sive veverice data u tab. 9.

Tabela 9. - Tablica preživljavanja sive veverice *Sciurus carolinensis*

x	n_x	I_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x
0-1	530	1,0	0,70	0,70	0,650	1,090	1,09
1-2	159	0,30	0,15	0,50	0,225	0,440	1,47
2-3	80	0,15	0,06	0,40	0,120	0,215	1,43
3-4	48	0,09	0,05	0,55	0,065	0,095	1,06
4-5	21	0,04	0,03	0,75	0,025	0,030	0,75
5-6	5	0,01	0,01	1,0	0,005	0,005	0,50

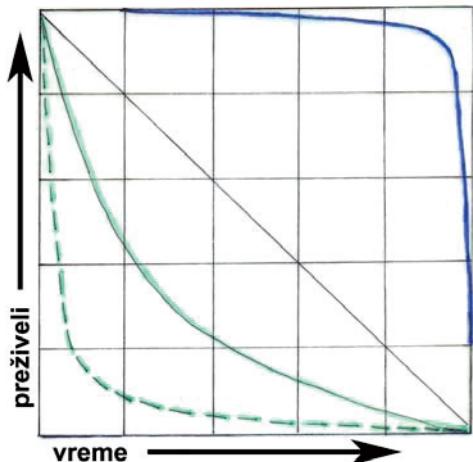
Različiti tipovi istraživanja, laboratorijskih ili prirodnih populacija, zahtevaju i razlike u konstrukciji tablica preživljavanja. Npr. tablica preživljavanja za jednu populaciju srne *Capreolus capreolus* (tab. 10) bi kao kolone sadržala sledeće rubrike: godine starosti x (konkretno od 0 do 15, što su redovi u tabeli), broj jedinki u svakoj uzrasnoj klasi n_x (opada sa starošću), polni indeks i_x (raste u korist ženki sa starošću), broj ženki w_x , indeks reproduktivno sposobnih ženki r_x (izažen kao decimalni broj, pri čemu je 1 ravno 100%), broj reproduktivno sposobnih ženki w_{rx} , broj mlađih po reproduktivno sposobnoj ženki p_{wrx} , ukupan broj mlađunaca p_x , stopa nataliteta $100f_x$, broj preživelih jedinki t_x , stopa mortaliteta $100q_x$, u godinama izraženo verovatno prosečno trajanje života jedinki od početka vremenskog intervala svake uzrasne klase e_x .

Tabela 10. - Tablica preživljavanja za jednu populaciju srne *Capreolus capreolus*

x	n_x	i_x	w_x	r_x	w_{rx}	p_{wrx}	p_x	$100f_x$	t_x	$100q_x$	e_x
0	1000	0,50	500	-	-	-	-	-	550	55	1,9
1	450	0,51	230	0,90	207	1,2	247	55	150	33	2,6
2	300	0,51	153	0,95	145	1,5	216	72	100	33	2,6
3	200	0,52	104	0,95	99	1,9	187	94	67	33	2,5
4	133	0,52	69	0,95	66	1,9	125	94	44	33	2,4
5	89	0,53	47	0,95	45	1,9	86	96	30	33	2,4
6	59	0,53	31	0,95	29	1,8	52	88	20	33	2,4
7	39	0,54	21	0,95	20	1,7	34	88	13	33	2,3
8	26	0,54	14	0,95	13	1,6	21	81	9	33	2,3
9	17	0,55	9	0,94	8	1,5	12	71	6	33	2,2
10	11	0,55	6	0,94	6	1,4	8	73	4	36	2,1
11	7	0,56	4	0,93	4	1,3	5	72	2	39	2,0
12	5	0,57	3	0,90	3	1,2	4	80	2	40	1,6
13	3	0,58	2	0,80	2	1,1	2	67	1	33	1,3
14	2	0,59	1	0,70	1	1,0	1	50	1	50	0,8
15	1	0,60	1	0,50	-	-	-	-	1	100	-
Σ	2342		1195		648		1000	43		43	

jastrebove i lisice, kako bi bilo više zečeva. Postignuto je upravo suprotno – broj zečeva je opao, jer nije bilo predatora da eliminišu slabe i bolesne jedinke, te tako čiste populaciju zečeva održavajući joj zdravlje i kondiciju u optimumu.

Grafički linearni prikaz zavisnosti stope mortaliteta od starosti može u osnovi imati tri oblika (sl. 174): konveksan (kada je stopa mortaliteta niska do kraja života; npr. čovek, domaća stoka, slon, vinska mušica); prava linija (stopa preživljavanja konstantna u svim uzrasnim klasama; npr. ptice pevačice, hidre); konkavan (visoki mortalitet u mладим stadijumima, a kasnije sve niži; npr. ostrige, kod kojih najviše stradaju jaja jer ih jedu ribe, hobotnice i dr.).



Sl. 174. – Tipovi krivulja preživljavanja
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1968)

Natalitet populacije najviše zavisi od specifičnosti same vrste (njene reproduktivne sposobnosti, karakteristične dužine života), uhranjenosti i zdravlja jedinki (otpornosti svake od njih na virulencije i parazite). Mortalitet je osim tih faktora zavisan i od okolnosti u kojima se populacija nalazi. **Mortalitet je mnogo zavisniji od spoljašnjih faktora, nego natalitet.**

Kod insekata se mortalitet prikazuje kao procentualni gubitak.

Kada brojnost populacije zbog raznih faktora bude poremećena u smislu prevelike gustine jedinki, menja se njihovo ponašanje, javljaju se masovni (gregarni) efekti, menjaju se odnosi jedinki. Abundantne individue međusobno frekventno kontaktiraju čulima, drugim rečima čula mirisa, dodira, vida i ukusa su „prebukirana“, stoga se menja fiziologija (centralni nervni sistem (CNS) prima previše informacija), pa se

menjuju i navike, čak i morfologija, što utiče na promenu **demotopa** (dela biotopa koji nastanjuje ta populacija). Tada dolaze do izražaja unutrašnji populacioni faktori, odnosno kontrolni mehanizmi, koji pokušavaju da regulišu brojnost populacije. To se često ostvaruje putem **migracija**. Skakavci (sl. 166) postaju proždrljivi, agresivni, prave velike seobe (inače prelaze po par metara). prebukirana“ Leminzi (sl. 167), kada se prenamnože (a to se dešava ciklično na svakih deset godina), krenu u seobu. Ovi, inače plašljivi glodari, putuju daleko, sve dok se ne podave u nekoj reci ili jezeru. Njihovo putovanje prate i predatori (lisice i vukovi).

Prenamnoženost može izazvati smanjenu opreznost. Životinje koje su u normalnim okolnostima aktivne samo noću, u prenamnoženoj populaciji, postaju aktivne danju i izlažu se predatorima. Tako je, npr., sa gusenicama gubara, kada je ova vrsta leptira u gradaciji (prenamnoženosti). U 19. veku je jato vilinskih konjica dugo 180 km preletelo Belgiju. Prepostavlja se da su se prenamnožili uz neku reku u Africi i zaputili na sever. U Evropi se nisu održali zbog nepovoljnih termičkih uslova.

U prenamnoženoj populaciji se smanjuje otpornost na bolesti, pošto se patogeni i paraziti lako prenose među zgusnutim jedinkama.

Neke vrste poput voluharica (sl. 173) rešenje prekobrojnosti populacije nađu u smanjenju plodnosti i rađanja. Nadražajima preopterećena čula šalju CNS-u signale da izvrši presiju na hormonalno lučenje; pad količine polnih hormona vodi padu broja potomaka ili čak totalnom kočenju razmnožavanja (npr. kod lisica).

Kod trećih, prenamnoženje izaziva porast letalnog faktora u podmlatku (u prereproducivnoj fazi). Naime, mladi su neuhranjeni, ili opada roditeljska briga za njih. Ako se u eksperimentu dopusti prenamnoženost belih laboratorijskih pacova, može doći do destruktivnog ponašanja – kao što su seksualni delicti ili prestanak dojenja mladih.

Kao reakcija na prenamnoženost može se povećati stopa kanibalizma ili pojaviti **kanibalizam** tamo gde ga inače nema. Brojleri na živinskoj farmi, ako su prenamnoženi, počinju međusobno da se ključaju; svinje se napadaju. Do ove pojave može doći i ukoliko je hrana nekvalitetna.

Žabe zimi jedu jedne druge u bazenima gde se veštački gaje u masi, a u prirodi su u to vreme u mirovanju. Pijavice takođe pod nekim uslovima mogu da prožderu jedna drugu.

5.3. DINAMIKA POPULACIJE

Dinamike variranja svih elemenata populacije zajedno čine ukupnu dinamiku variranja populacije. Za razumevanje dinamike populacije je potrebno pratiti niz sukcesivnih slika njene strukture. U principu se mogu razlikovati dinamika strukturalnih elemenata populacije, dinamika abundancije i disperziona dinamika.

Dinamika strukturalnih elemenata populacije

Zbivanja u populaciji potiču od procesa i aktivnosti individua (menjanja mesta, menjanja broja jedinki bilo zbog rađanja, bilo zbog uginuća, imigracija ili emigracija). Promene u populaciji su delom endogene prirode, a delom uzrokovane egzogenim faktorima.

Svi elementi strukture populacije su podložni promenama. Populaciona dinamika malog šumskog miša (*Apodemus sylvaticus*) obuhvata promene abundancije, težine, udela ženki u reprodukciji itd.

Promene u populaciji se zbivaju periodično (pravilno, ritmično) ili nepravilnim tempom.

Ritmična forma populacione dinamike može biti dnevno–noćna ili tzv. **telurska dinamika**, uslovljena rotacijom Zemlje oko sopstvene ose na putu oko Sunca. Ovaj kratkotrajni (24-časovni) ciklus promene uslova utiče na sve aktivnosti živih bića. Odražava se i na njihovu disperziju (primer je vertikalno migriranje planktona).

Lunarna (mesečna) dinamika je u vezi sa kretanjem Meseca oko Zemlje. Kopnenim životinjama je veoma važna različita osvetljenost za vreme mesečevih mena, a za morske i jezerske stanovalnike promena nivoa vode usled smene plime i oseke. Uticaj ove ritmike se manifestuje na različitim aktivnostima, a pre svega u vezi sa reprodukcijom. Primeri su komarac, mnogočekinjasta morska glista palolo crv *Eunice viridis*, morska školjka ostriga, morska lasta *Sterna fuscata* i dr. U vezi sa Mesečevim menama su i lokomotorne funkcije, koje vode menjanju disperzije. Seobe jegulja iz evropskih reka dostižu maksimum u vreme poslednje mesečeve mene.

Godišnja (sezonska) dinamika uslova za život, zbog Zemljine rotacije oko Sunca, se odražava na sve elemente strukture populacije. **Višegodišnja (plurianualna) dinamika** je uslovljena cikličnim porastom ili padom intenziteta neke pojave na svakih nekoliko godina. Kod glodara, npr. su uočene ciklične višegodišnje promene abundancije (brojnosti).

Očigledno, ritmička populaciona dinamika je često egzogena, tj. uslovljena ritmičkim smenjivanjem faktora spoljašnje sredine. Pre svega to su kretanja u sistemu Zemlja – Mesec – Sunce. Ona uslovljavaju višestruki periodicitet klime. Klimatski ritam neposredno diktira ritmiku u korišćenju hrane. Ciklus aktivnosti Sunčevih pega od 11 godina se takođe odražava na neke populacije.

Poseban vid ritmike koji nije uslovljen klimatskim ritmom je kretanje abundancije neprijatelja (predatora, parazita, patogena).

Endogena ritmika (uslovljena zbivanjima unutar same populacije) je prisutna kod vrsta sa autoregulacijom u populaciji. Na primer, ciklična višegodišnja povećanja abundancije populacija poljske voluharice *Microtus arvalis* (sl. 173) i drugih glodara dovode do rasta smrtnosti i konačno do pada brojnosti na početni nivo.

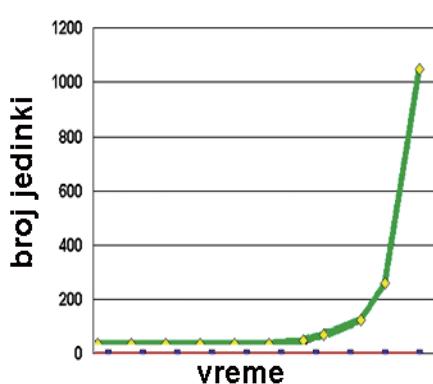
Ritmički procesi svojstveni jedinkama (uglavnom su regulisani hormonalno), ako su sinhronizovani, vode odgovarajućoj ritmičnoj dinamici cele populacije.

Aperiodična (aritmična) forma populacione dinamike nije usmerena i nema nikakvu periodičnost. Na primer, niz godina praćena populacija sivog pacova nije ispoljila bilo kakvu regularnost u menjanju strukture.

Dinamika abundancije (rast brojnosti populacije)

Dinamika populacije se najbolje prikazuje preko dinamike njene brojnosti. Abundancija bi bila konstantna kada bi se porast populacije rađanjem i imigracijom izjednačio sa njenim smanjivanjem zbog uginuća i emigracija. **Natalitet** (rađanje) i **mortalitet** (smrtnost) su osnovni faktori pozitivnog, odnosno negativnog rasta brojnosti populacije, tj. njene dinamike. Ako je stopa nataliteta manja od stope mortaliteta, populacija će brojčano opadati. Stopa nataliteta zavisi od brojnog odnosa polova, od fertilnosti i sterilnosti ženki. Na dinamiku utiče i uzrasna struktura – ako je pretežni deo populacije u postfertilnoj fazi, onda su perspektive populacije nepovoljne, čak i pri optimalnom natalitetu, jer će te stare jedinke za kratko vreme uginuti.

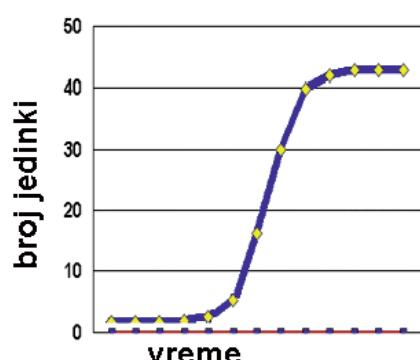
Cepman (Chapman, 1931) je pojmom **biotički potencijal** (kojim je istovremeno obuhvatio kapacitet razmnožavanja i sposobnost preživljavanja) izrazio potencijalnu moć rasta populacije. Biotički potencijal je kvantitativni izraz dinamičke snage populacije koja se u borbi za život suprotstavlja otporu sredine (kombinovanom dejstvu abiotičkih i biotičkih faktora). Zbog otpora sredine u prirodi se biotički potencijal ne ostvaruje nikada potpuno. Mera otpora sredine se prikazuje na osnovu odnosa potencijalno mogućeg i stvarnog broja jedinki u populaciji. Par vrabaca bi teorijski za 10 godina mogao dati 275.716.983.699 potomaka, ali sredina čini da umesto 575 jedinki po jutru ima samo 9–13 jedinki. Par sivih pacova bi za godinu dao preko 2.000 potomaka, kada sredina ne bi pružala otpor.



Sl. 175. – „J“ kriva

Tok rasta populacija se razlikuje za svaku vrstu. On bi zahvaljujući biotičkom potencijalu tekao eksponentijalno („J“ kriva), sa maksimalnom stopom rasta (sl. 175), u neograničenoj životnoj sredini sa uvek optimalnim uslovima. Međutim, ovo je u prirodi retko, tj. uglavnom prostorno i/ili vremenski ograničeno (npr. u proleće planktonske populacije ovako narastaju). Neograničeni rast populacije bi doveo do apsurda. Jedan par slonova bi, uprkos činjenici da ostavljaju veoma malo potomaka, za 750 godina dao 19 miliona jedinki, a par muva za samo nekoliko godina ispunio čitav prostor na Zemlji.

Stvarni rast populacije, međutim, rezultat je suprotstavljenog delovanja biotičkog potencijala date vrste i otpora sredine. On zavisi od odnosa nataliteta i mortaliteta, koji su rezultat variranja sredine. Smenjuju se periodi padova i porasta brojnosti jedinki. Retko u prirodi populacija raste do maksimalne brojnosti. Uglavnom se održava brojnost optimalna za postojeće uslove. Usled povećanog nataliteta raste brojnost, ali samo do neke granice (kapaciteta sredine). Ako kapacitet sredine bude premašen, sredina će vršiti presiju na populaciju, izazvati pad brojnosti, koji neće moći da se zaustavi na nivou kapaciteta sredine, nego će po inerciji nastaviti da mortalitet premašuje natalitet, ali sve sporije, dok populacija ne uspostavi ravnotežu i natalitet opet ne počne da raste. Tako u prirodi brojnost jedinki u populacijama uglavnom varira oko ravnotežnog položaja (tzv. ekvilibriruma), karakterističnog za optimalan odnos sa sredinom.



Sl. 176. – „S“ kriva

Demonstraciju rasta populacije u ograničenim uslovima možemo predstaviti eksperimentom. Ako u akvarijum ubacimo protozoe poput paramecijuma, raćice Cladocera, Copepoda i dr. slatkvodne planktonske oblike, oni će svi povećavati populacije izvesno vreme, pošto hrane ima u višku. U tom delu kriva ima ekspon-

nencijalni („J“) oblik. Međutim kada količina slobodne hrane opadne i poraste koncentracija metabolita (vodu u akvarijumu ne menjamo dok eksperiment traje) u sredini, rast populacija će se usporiti (kriva postaje logistička, dobijajući sigmoidni, „S“ oblik; sl. 176). Nakon izvesnog perioda stagnacije brojnosti, po iscrpljivanju rezervi sredine došlo bi do porasta mortaliteta, i to sve bržeg. Na kraju će populacije sasvim uginuti. Grafički prikazan rast populacije bi imao oblik sigmoidne krive na početku, a potom bi se strmoglazio ka x-osi. Tokom eksperimenta se mogu izdvojiti sledeće faze u rastu populacije:

- **inicijalna faza** (kada se populacija prilagodjava novim uslovima; A na sl. 177),
- faza **ubrzanog rasta** (akceleracije; B na sl. 177),
- faza **usporenog rasta** (C na sl. 177),
- **terminalna tačka** (faza stacionarnog stanja; posle nje jače deluju mortalitetni faktori; T na sl. 177),
- faza **naglog propadanja** populacije (faza negativnog rasta; D na sl. 177),
- faza **sporijeg propadanja** populacije
- i faza **iščezavanja** populacije.

Ako bismo u akvarijum, kada populacija dostigne terminalnu tačku, dodali hranu i svežu vodu u dovoljnoj količini, tako da potrebe svake jedinke budu optimalno zadovoljene, populacija bi nastavila da raste. Kada bi to povećanje količine resursa i kvalitet uslova sredine mogli da održavamo beskonačno, kriva rasta populacije bi imala eksponencijalni oblik (kao slovo J). U prirodi u proleće rast planktonskih populacija izvesno vreme ima ovaj oblik, jer ima puno praznog prostora posle zimskog mirovanja, temperatura se povišava, povećava prisustvo svetlosti. Međutim, dostizanjem kapaciteta sredine, rast populacije postaje negativan, ali ipak kolebanje ostaje oko ravnotežnog nivoa. Posle velikog broja oscilacija, koje postaju sve manje, teoretski bi oscilacije prešle u pravu liniju paralelnu sa x-osom, tj. populacija bi prešla u stagnaciju. Međutim, u prirodi nema stagnacije, jer faktori sredine stalno osciluju. **Ekvilibrijum populacije** je, zapravo njena dinamička ravnoteža, tj. zamišljena vrednost oko koje brojnost populacije stalno varira.

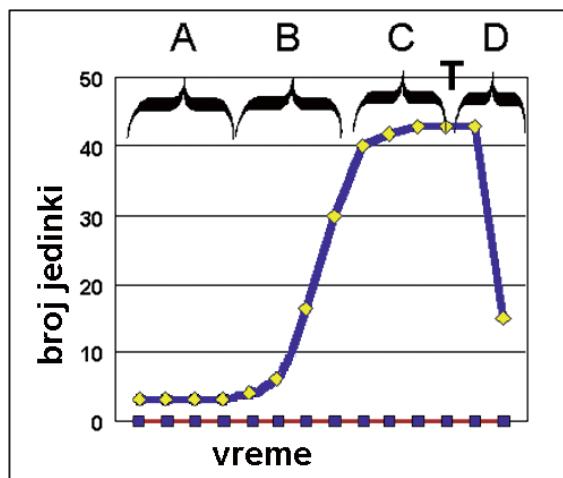
U prirodi postoje i velike fluktuacije brojnosti populacija u obliku pravih „talasa života“.

Tako bi u principu u rastu populacija u prirodi mogli razlikovati ove etape:

- faza sporog inicijalnog rasta,
- faza pozitivnog rasta (ubrzani rast, tačka sprege, usporen rast),
- faza ravnotežnog stanja (ekvilibrijum),
- faza **oscilacija i fluktuacija**,
- faza negativnog rasta (brzog pa sporog) i
- faza iščezavanja.

Pojedine faze mogu biti nedovoljno jasne i vrlo kratkotrajne.

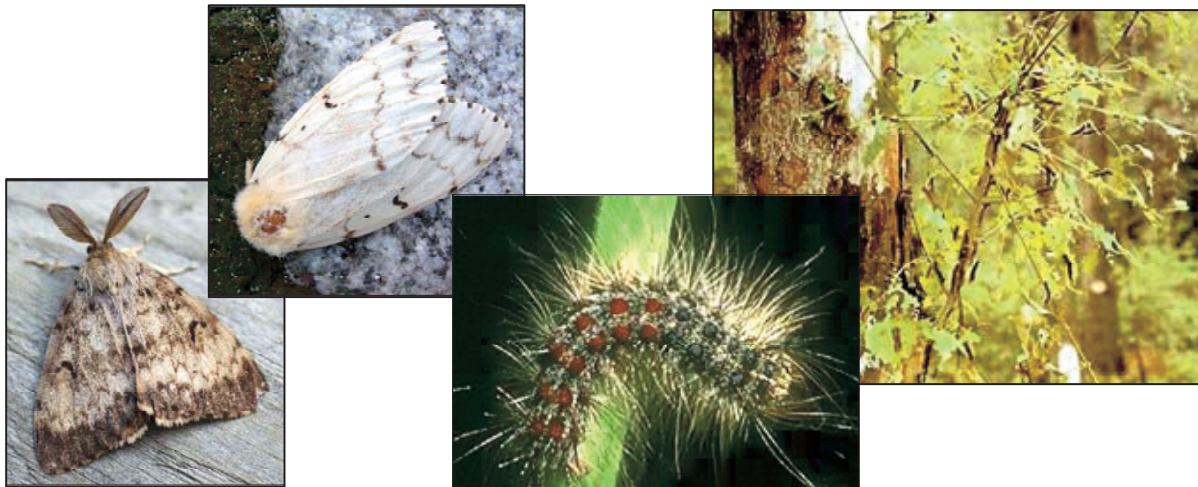
Fluktuacije su za razliku od oscilacija, neperiodična kolebanja brojnosti jedinki u populacijama. Najproučenije su kod štetnih insekata (gubar, putnički skakavac) i glodara. Tok fluktuacije gubara i ostalih fitofagih insekata traje 4–5 godina i zove se **gradacija**. Ona ima više faza: **priprema** (tada deluje stimulus za ulazak u gradaciju), **progradacija** (progresivna ili prederupcionala faza), **kulminacija** (erpciona faza, maksimum brojnosti i prenamnoženje) i



Sl. 177. – Tok rasta eksperimentalne populacije u ograničenim uslovima

regresija (retrogradaciona faza, opadajuća usled poremećenog seksualog indeksa, pojava degeneracija, bolesti). Prva posteruptivna godina se odlikuje visokom smrtnošću, da bi sledeće godine nastupio period latence, kada je brojnost populacije minimalna, a traje do sledeće progradacije.

Insekatske gradacije teku različito zavisno od vremena i mesta čak i u okviru iste vrste. U našim uslovima su poznate gradacije leptira gubara *Lymantria dispar*, nakon kojih ostaje pustoš u vidu golobrsta (sl. 178).



Sl. 178. – Gubar (*Lymantria dispar*) – mužjak, ženka, gusenica i golobrst
 (http://en.wikipedia.org/wiki/Gypsy_moth)

Uzroci dinamike (kretanja) populacija mogu biti spoljašnji, unutrašnji ili kombinovani. Mogli bismo da ih podelimo na klimatske, intraspecijske (tj. intrapopulacione) i interspecijske (interpopulacione) faktore.

Klimatski faktori su značajan kompleks, a naročito temperatura, vlažnost, vodeni talozi (padavine). Oni mogu delovati neposredno na fekunditet i fertilitet, brojčani odnos polova, brzinu razvića, broj generacija i mortalitet. Njihovo dejstvo može biti i mehaničko (poplave, grad, sneg, gololedice). Što su kolebanja klimatskih faktora češća i jača, to će upadljivije biti njihovo dejstvo.

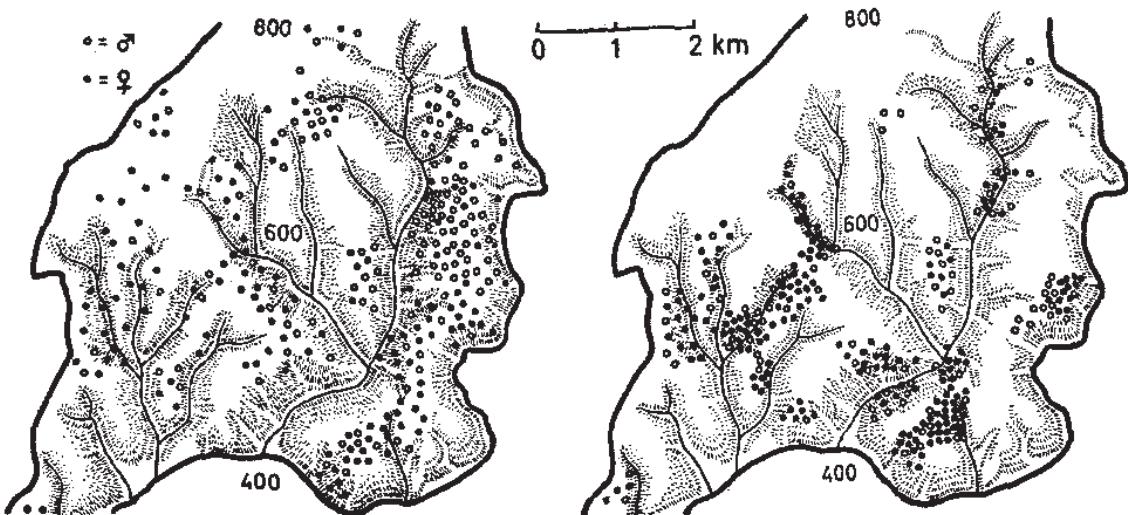
Povoljne vremenske prilike omogućavaju razviće obilja hrane i prenamnožavanje insekata poput migratornog severnoameričkog skakavca *Melanoplus mexicanus*.

Posredno klimatski faktori deluju i na kretanje populacija neprijatelja, na rast, plodnost (kladocerni račić *Moina macrocopa* ima najvišu stopu nataliteta na 28,1°C). Dejstvo nepovoljnih meteoroloških faktora je izraženo jer raste stopa mortaliteta. Tako je u jaku zimu 1939–1940. izuzetna hladnoća svela temperaturu vode uz obale Teksasa na 5°C, pa je zbog uginuća riba ribolov opao za 95%. Oštре zime u Finskoj u 17. veku su dovele do nestanka tvora *Mustela putorius*. Ova vrsta se ponovo naselila u južnoj Finskoj tek 1870. Za vreme zimske gololedice raste smrtnost glodara. Oštra (mrazna) zima sa slabim snežnom pokrivačem i gololedicom je opasna za vodenu voluharicu *Arvicola terrestris*. Poljsku voluharicu, pak, *Microtus arvalis* (sl. 173) ugrožavaju i poplave.

Intraspecijski odnosi u populaciji se uglavnom menjaju pri menjanju gustine populacije. Porastom gustine menjaju se odnosi u zadovoljavanju prehrabnenih potreba, veličina i kvalitet životnog prostora, jača konkurencija za partnera, ponekad se javlja kanibalizam. Dakle, pored jačanja odnosa neposredne kompeticije (aktivnog uzajamnog odnosa među jedinkama ili grupama) porast gustine populacije vodi opadanju kvaliteta životne sredine.

Disperziona dinamika populacije. – Disperzija (prostorni raspored jedinki) u populaciji se menja zbog dva razloga – usled promene mesta članova populacije i usled variranja

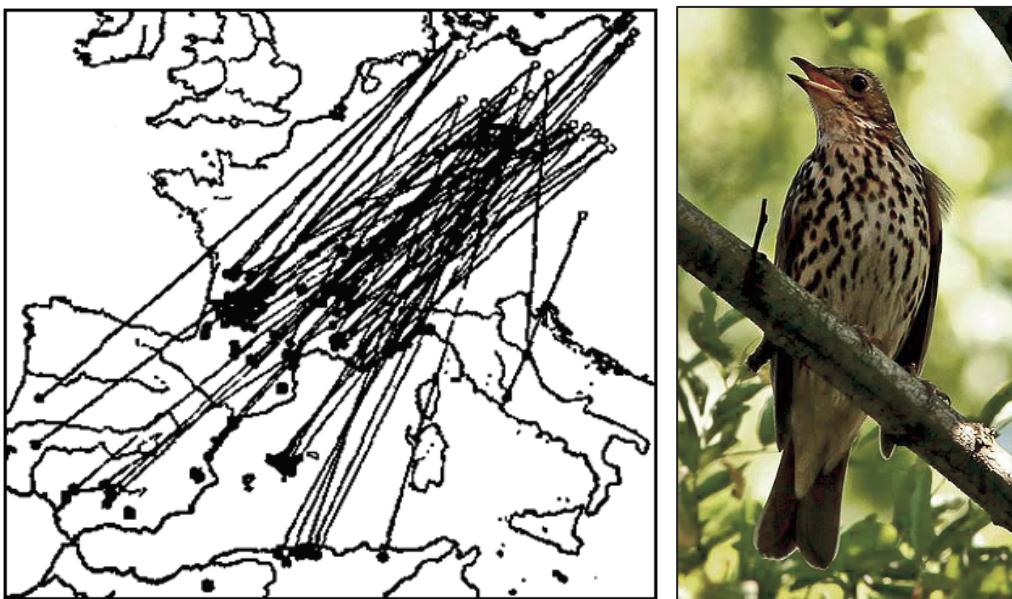
gustine populacije (sl. 179). Preduslov za menjanje mesta je vagilnost (sposobnost životinja da aktivno ili pasivno menjaju lokaciju. Disperziona dinamika populacije predstavlja sumu kretanja svih članica u prostoru i vremenu.



Sl. 179. – Letnja i zimska distribucija jedinki jelena *Cervus elaphus* (modifikovano Schwerdtfeger, 1968)

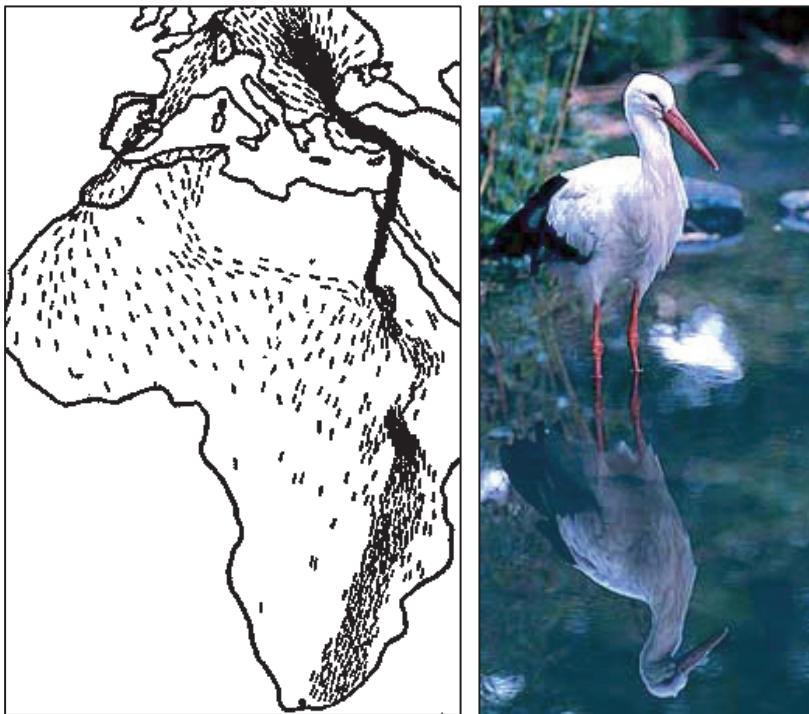
Oblici kretanja životinja su lokomocija, transport i kombinovano kretanje. Lokomocija je aktivno kretanje uz pomoć pokreta posebnih lokomotornih organa. Može biti plivanje, trčanje, veranje, skakanje, šetanje, puzanje, letenje itd.

Transport je pasivno prenošenje posredstvom nekog transportnog sredstva. Hidrohorni je transport vodenim strujama direktno ili na komadima drveta, santama leda i sličnom. Ane-mohorni prenos je pomoću vazdušnih strujanja, a zoohorni pomoću drugih životinja (forezija, simbioza i parazitizam). Antropohorni je vid zoohornog transporta u kojem učestvuje čovek.



Sl. 180. – Široki front seobe drozda pevača *Turdus philomelos*
(modifikovano Schwerdtfeger, 1968 i
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Song_Thrush_\(Turdus_philomelos\)_singing_in_tree.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Song_Thrush_(Turdus_philomelos)_singing_in_tree.jpg))

Kombinovano kretanje je kombinacijom transporta i lokomocije. Primer su meduze, ptice (mogu da aktivno lete i da jedre).



Sl. 181. – Uski front seobe bele rode *Ciconia ciconia*
(modifikovano Schwerdtfeger, 1968 i http://www.hlasek.com/foto/ciconia_ciconia_934.jpg)

Brzina kretanja je različita kod različitih životinja, različitih razvojnih stupnjeva i tipova aktivnosti. Tako npr. crna čiopa *Apus apus* leti brzinom 150 km/h, sivi soko *Falco peregrinus* 240 km/h, gepard *Acinonyx jubatus* trči 150 km/h.

Pažnju naučnika posebno privlače seobe ptica selica, tzv. translokacije, tj. sezonske migracije (sl. 180 i 181).

5.4. POPULACIONE TEORIJE (TEORIJE O REGULATORNIM MEHANIZMIMA)

U prirodi se promene sredine dešavaju neprekidno, uzastopno i često neočekivano. Dinamika populacije uglavnom zavisi od dve grupe faktora. Jedni teže da što više povećaju brojnost populacije (to su faktori u vezi sa fekunditetom, fertilitetom i slobodnim rekvizitima; pod njihovim povoljnim dejstvom kriva brojnosti raste i preko ekvilibrijuma), a drugi da je smanje (faktori mortaliteta, kompeticija, nedostatak rekvizita; kriva brojnosti opada i zbog inercije ne može da se zaustavi na ekvilibriju). Rezultanta je brojnost koja osciluje oko ekvilibrijuma.

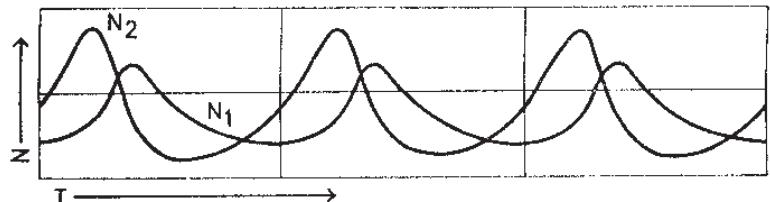
Ali, u prirodi nije tako, jer nema konstantnih uslova. Gregarne faze, prenamnoženja (gubara, miševa, leminga i dr.) ukazuju da se u prirodnoj dinamici narušava ravnoteža kapaciteta sredine i prirodnog potencijala vrste. Većina prirodnih populacija ima ravnomeran ritmik. Poznavanje uzroka prenamnoženja omogućava borbu protiv ovakvih štetočina. Međutim, ni ciklično prenamnožavanje nije pravilo za sve populacije.

Razne populacione teorije pokušavaju da objasne fenomen prenamnožavanja, koji je u neskladu sa normalnim stanjem dinamičke ravnoteže. Teorije u centru stavljuju pojedine biotičke i abiotičke faktore, ili mogu biti sintetičke. Pošto je u okviru dinamike populacija insekata uočen fenomen populacionih eksplozija, većina teorija je koncipirana na bazi njih.

Prenamnoženje jedne vrste domaćina može voditi prenamnoženju njenih parazita (sl. 182). Rast populacije domaćina može se usporavati nedostatkom hrane, ali populacija parazita će nastaviti rast i prevazići mogućnosti populacije domaćina. Tada će takva brojnost parazita uticati na smanjenje broja domaćina, tj. populacije insekta, a time dovesti u pitanje i samu parazitsku populaciju. Krivulja brojnosti parazita pada brže nego krivulja brojnosti domaćina. Posle ovoga populacija domaćina će početi da raste ponovo.

cina počinje da se oporavlja i da povećava broj jedinki. Sa fazom kašnjenja, njen rast prati populacija parazita.

Nekada je lako uočiti koji ekološki faktor je prouzrokovao erupciju neke populacije, ali često nije, pa se tada zaključuje da je na to uticao čitav kompleks faktora.



Sl. 182. – Model menjanja brojnosti u populaciji insekta (N_1) i njegovog parazita (N_2) u funkciji vremena (T) (Schwerdtfeger, 1968)

Postoje različite koncepcije formulisane u više teorija, koje se mogu svrstati u tri kategorije:

- fizičke
- biotičke i
- sintetičke.

Fizičke teorije polaze od toga da fizičkim faktorima sredine (naročito klimatskim) pripada odlučujuća uloga u kontroli brojnosti populacija. Veliki broj studija ističe važnost temperature, vlažnosti i dr. klimatskih faktora za razvoj, razmnožavanje i preživljavanje životinja, naročito insekata. Međutim, ovo su jednostrane teorije, pošto težište stavlja na kategoriju abiotičkih faktora.

Biotičke teorije presudnjima smatraju biotičke faktore. Najrazrađenija među njima je Nikolsonova teorija kompeticije (Nicholson, 1933). Njene osnovne postavke su:

- a) svaka životinska vrsta je sposobna da se razmnožava pod povoljnim uslovima sredine;
- b) od uslova sredine zavisi da li populacija raste ili opada;
- c) populacija je sistem koji reguliše svoju gustinu koristeći količinu neophodnih resursa sredine u granicama povoljnosti i održava nepovoljne faktore u granicama tolerantnosti;
- d) postoje dve kategorije faktora: zavisni od gustine populacije (čije dejstvo raste uporedno sa porastom gustine populacije) i nezavisni od gustine (npr. klimatski);
- e) glavni mehanizam regulacije gustine najčešće počiva na zavisnom faktoru, a to je intraspecijska i interspecijska kompeticija za kritične rezervate (hranu, prostor, vodu);
- f) zahvaljujući autoregulaciji brojnosti, populacija se održava u stanju ravnoteže, tačnije kolebanja oko ekvilibrijuma;
- g) nivo gustine populacije zavisi od specifičnosti date vrste, od specifičnosti drugih vrsta sa kojima je ona u interakciji, kao i od svojstava sredine.

I ova teorija „pati“ od jednostranosti, jer veći značaj pripisuje biotičkim na štetu drugih faktora. Ona prenebregava da nekada gustina jedinki u populaciji diktira kakvi će biti abiotički faktori (mikroklimatski, npr.). Pojam kompeticije je shvaćen široko. Zamerka ovoj teoriji je i primena pojma „ravnoteža“. Pozitivna strana je da populaciju tretira kao dinamički funkcionalni sistem u stalnoj interakciji sa faktorima sredine.

Sintetičke teorije su još uvek provizorne. Ipak, one teže da prerastu u opštu teoriju populacione dinamike. One uzimaju u obzir sve faktore koji utiču na kretanje populacije, ne pridajući pri tome prednost ni jednoj grupi faktora.

Osnovne postavke opšte teorije populacije jesu:

- ne shvatiti populaciju i sredinu kao dva nezavisna elementa, jer su u neprekidnoj interakciji, i
- sam razvoj modela ne sme postati matematička igra.

Nema populacije bez fluktuacija. Svaka populacija, zavisno od vrste kojoj pripada i okolnosti, ima sopstvenu stopu i visinu fluktuacija. Uzrok se može tražiti sa dva aspekta: 1. pošavši od toga da je za erupciju brojnosti kriva masovnost, tj. narušena brojnost, postavlja se pitanje šta je nju izazvalo, odnosno, koji je faktor preovladao i ugrozio ravnotežu; 2. ne gledati masovnost kao uzrok, već posledicu nečeg drugog, a da je bitna dinamika oscilacija oko ravnotežnog stanja i da treba poći od narušenja ekvilibrijuma, tj. faktora koji remeti dinamičku ravnotežu.

Teorije mogu biti bazirane na otkrićima u vezi sa gradacijom insekata. Od prvog aspekta polaze klimatska, teorija ishrane, teorija fekunditeta i biocenotičke teorije.

Klimatske teorije govore da kombinacije odgovarajućih klimatskih faktora mogu dovesti do masovne zastupljenosti. Uglavnom se tumačenje svodi na odnos temperature i vlažnosti. Teorija je razrađena na skakavcima i stenicama. Stopa mortaliteta juvenilnih stadijuma jedne godine može biti ispod normale, pa će se sledeće godine, ako budu povoljni klimatski uslovi, razviti veliki broj jedinki, tj. velika populacija. U njoj će se polagati jaja od kojih će mnoga opstati, a sledeće godine kada se jaja izlegu, populaciju će biti još veća. To će se dešavati sve dok brojnost ne postane prevelika i populacija ne oseti potrebu za migriranjem.

Teorija ishrane kaže da količina dostupne hrane može dovesti do eksplozije brojnosti populacije. Primer mogu biti bube potkornjaci (Coleoptera, fam. Curculionidae, subfam. Scolytinae) koji se hrane slojem drveta ispod kore. Ovi insekti nikada ne napadaju zdravo drvo, već ono kome preti opasnost prestanka vegetiranja. Drvo može biti bolesno zbog nepovoljnih mineralnih odnosa u zemljištu, aerozagadenja (kisele kiše), starosti i dr. razloga. Veliki broj bolesnih drveta je idealni preduslov za eksploziju brojnosti potkornjaka neposredno izazvanu obiljem hrane.

Teorije povećanog fekunditeta kazuju da povećani fekunditet uz konstantni mortalitet kao i konstantni fekunditet uz smanjeni mortalitet vode porastu brojnosti jedinki u populaciji.

Biocenotičke teorije nagli porast brojnosti u populaciji objašnjavaju na sledeći način. Uzrok je poremećaj odnosa u biocenozi usled kompleksa faktora. Na primer, gubar obrsti lišće u šumi. Time ugrožava druge listojede vrste, ali i svoju, pa populacija gubara brojčano naglo opadne, dok brojnost ostalih listojeda naglo poraste. Ova teorija se drugačije zove **teorija democena (gradocena)** ili **Švertvegera**. Koncipirana je na osnovu proučavanja masovnih pojava (gradacija) šumskih štetnih insekata. Po njoj, dakle, promenu mase šumskih insekata (democena) izaziva skup bilo kojih populacionih dinamičkih faktora (gradocena), koji pored jedinki posmatrane populacije obuhvata sve abiotičke i biotičke faktore kojima je ona izložena).

Sve ove teorije su se pokazale kao delimično validne. Ni jedna ne može samostalno potpuno objasniti pojavu prekobrojnosti.

Sa drugog aspekta (narušenog ekilibrijuma) polaze dve grupe teorija.

Teorije okoline, tj. teorije životne sredine tvrde da je za abundanciju populacije odgovorna sredina. Sredina podrazumeva kako biotički potencijal organizama, tako i otpor sredine. Ekvilibrijum se postiže kada su uravnoteženi odnosi koji vode porastu populacije (natalitet i imigracija) sa onima koji vode smanjivanju brojnosti (otpor sredine, mortalitet, emigracija).

Regulaciona teorija govori da se odnosi automatski regulišu posredstvom određenih faktora. Kada neki od faktora "otkaže", dolazi do masovne pojave. Najčešći automatski regulator brojnosti je kompeticija (konkurenca za partnerom za sparivanje, za hranu, dobro mesto...). Uopšte faktori mogu biti eksterne prirode (problem rekvizita, hrane, klimatski, bolesti, paraziti) i interni (povećanje i smanjenje plodnosti, zdravlja, mortaliteta, broja ženki, sposobnosti ženki da sve uđu u reprodukciju). Ne sme se zaboraviti da je prirodna selekcija različita pri niskoj i visokoj gustini jedinki u populaciji.

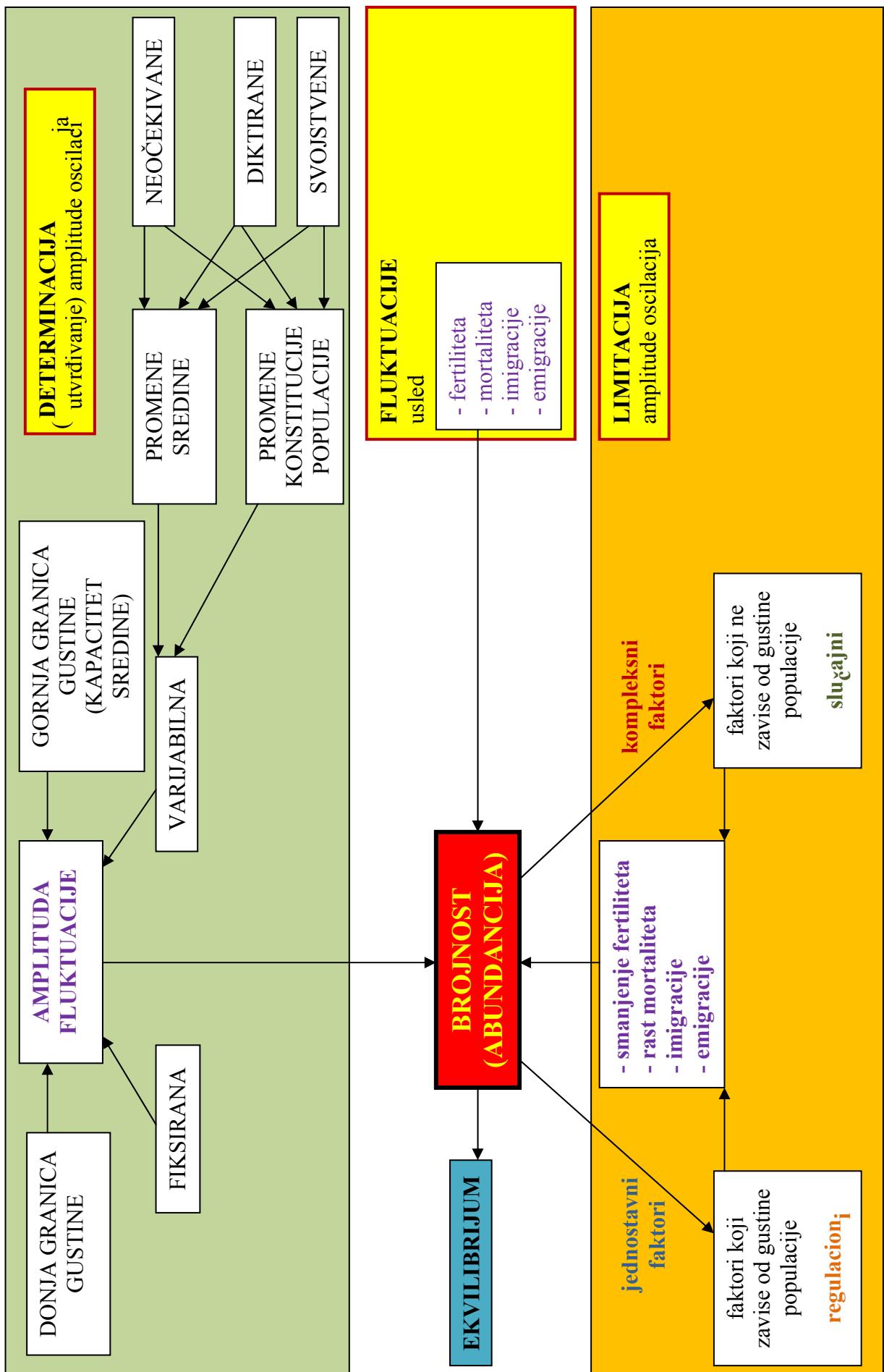
Sve pomenute populacione teorije imaju slabosti. Svaka može samo delimično da objasni fenomene prenamnoženosti ili neke druge. Ogromna je lepeza faktora uticajnih na mortalitet i natalitet. Dejstvom na jednu populaciju izazivaju eliminacije i promene, koje lančano utiču na drugu populaciju, koja nema jasne i direktnе veze sa prvom.

Integralna teorija radi po kompjuterskom principu. Ogroman kompleks faktora je u "igri". Brojnost jedinki u populaciji je rezultanta svih njih.

Teško je zaključiti šta je odlučujuće za prekobrojnost. Shema nam može delimično prikazati te složene odnose. Dejstvujući na jedan deo populacije faktori menjaju odnose u nekoj desetoj populaciji, indirektno, kroz splet složenih međuodnosa. Uništavanje komaraca na Dojranskom jezeru je uništilo rakove, koji su tamo nekada bili privredno značajni. Sem toga, tretiranje komaraca u šumama daleko od vode je dovelo do prenamnoženja nekih drugih štetnih vrsta insekata, jer su otrovani njihovi predatori (stonoge Chilopoda).

Svaki od blokova na shemi predstavlja masu odnosa. Niko ne može sagledati sve faktore. Svi odnosi na nivou populacije i bioceneze su odgovorni za brojnost, ali ne pojedinačno, nego kao celina koja funkcioniše dinamički u vremenu i prostoru. Odnosi su kibernetički veoma komplikovani. Na primer, pri imigraciji nije bitno samo koliko jedinki je stiglo, nego i kog su pola, uzrasta, zdravlja.

Shematski bi se grubo taj kompleks uticaja mogao prikazati na sledeći način:



Pitanja za samoproveru znanja

1. Šta je populacija u ekološkom smislu?
2. Koje osnovne elemente strukture populacije proučava demekolog?
1. Šta je brojnost, a šta gustina populacije? Kako se određuju?
2. Kakva može biti prostorna distribucija jedinki u populaciji?
3. Formalni element strukture populacije habitus predstavlja
4. Šta je i od čega zavisi uzrasna struktura neke populacije?
5. Šta je polna struktura populacije? Kako se izražava? Ima li je svaka populacija?
6. Od čega zavisi i na šta utiče zdravstveno stanje populacije?
7. Šta podrazumevamo pod ponašanjem populacije?
8. Kako plodnost populacije određuje njenu budućnost?
9. Objasnite smrtnost kao funkcionalni elemenat strukture populacije.
10. Dinamika strukturnih elemenata populacije (telurska, lunarna, sezonska, višegodišnja).
11. Od čega zavisi dinamika abundancije populacije (rast populacije) i kako teče?
12. Šta određuje dinamiku disperzije populacije?
13. Populacione teorije objašnjavaju gradacije. Kako?

6. Biocenologija



Detalj biocenoze planinskog pašnjaka na Staroj planini snimljen 25. jula 2009. godine
(foto S. Pešić)

6. BIOCENOLOGIJA

6.1. BIOCENOZA

Termin biocenoza (životna zajednica) prvi put je upotrebio 1877. godine nemački zoolog Mebius (sl. 183).

U prirodi postoji ogroman broj populacija koje su međusobno povezane u organizovane životne zajednice – **biocenoze**, izgrađene od **kompleksa heterotipskih populacija (različitih vrsta mikroorganizama, gljiva, biljaka i životinja), koje nastanjuju jedan biotop**. Biocenoza sa biotopom čini nerazdvojnu celinu – **ekosistem** (biogeocenuzu ili holocen). To je istorijski nastao, uzajamno uslovljen i povezan, integralni sistem, koji omogućava idealno korišćenje energije i ciklični protok materije. Biocenoza se samo metodološki u proučavanju može odvojiti od biotopa. Inače, ona se formira saglasno biotopu, po ekološkim zakonitostima i ima nastanak, razvoj i smenu drugim biocenozama.



Sl. 183. – Karl August Möbius (1825–1908)
 (http://en.wikipedia.org/wiki/Karl_M%C3%BCbius)

Deo ekologije koji se bavi biocenozama je **biocenologija**.

Životne zajednice se međusobno razlikuju po strukturi i fizičkom izgledu.

Struktura biocenoze može se prikazati trojako – kao struktura i bogatstvo ekološkim nišama, struktura vrsta i prostorna struktura.

Veštački se biocenoza deli na **fitocenuzu i zoocenuzu***. Osnovu prostorne organizacije biocenoze čini njen *floristički i faunistički sastav*, tj. popisi (inventar) biljnih i životinjskih vrsta.

Vrste koje svojim brojem daju obeležje celoj zajednici se zovu **dominantne**.

Vrste biljaka koje svojim prisustvom i aktivnostima najviše utiču na uslove života u biotopu date biocenoze su graditelji ili **edifikatori** te zajednice. U bukovoj šumi to je bukva, u stepskoj biocenozi kovilje, itd. Čitava biljna asocijacija tada dobija ime bazirano na imenu glavne vrste ili dveju vrsta. U Šumadiji su npr. listopadne šume tipa *Quercetum confertae cerris* Rudski (1940), što znači da su biljke edifikatori hrastovi sladun (*Quercus confertae*) i cer (*Q. cerris*). Poslednji u nazivu asocijacije su ime autora koji ju je prvi opisao i godina opisa.

Biocenoze se uglavnom dele prema fitocenozama (sl. 184).

Sastav vrsta u biocenozi se može proučavati i posebno, u okviru fitocenoze i zoocenoze. Metodika fitocenoloških istraživanja je znatno razrađenija i naprednija od zoocenoloških, jer su biljke jednostavnije za praćenje (nisu pokretne, ne kriju se, ne menjaju životnu sredinu u raznim fazama razvića i dr.). Osnovni postupak je izrada fitocenoloških tabela. Na osnovu evidentiranja stanja na više snimaka površine 100x100 m (za klimatogene šume), 10x10 m (za livade) ili 1x1 m (za specifične zajednice poput tresava), zavisno od tipa biljne zajednice, prave se spiskovi vrsta (na latinskom), sa istaknutim edifikatorskim vrstama, brojnošću i pokrovnošću svake vrste i stepenom njihove stalnosti. Na početku tabele su naziv asocijacije i

* Pošto su ljudskom oku teže uočljive, a njihove članice ljudima slabije poznate, **mikrobiocenoza i fikocenoza** uglavnom se ne spominju, uprkos ogromnoj ulozi koju imaju u svim biocenozama i ekosistemima.

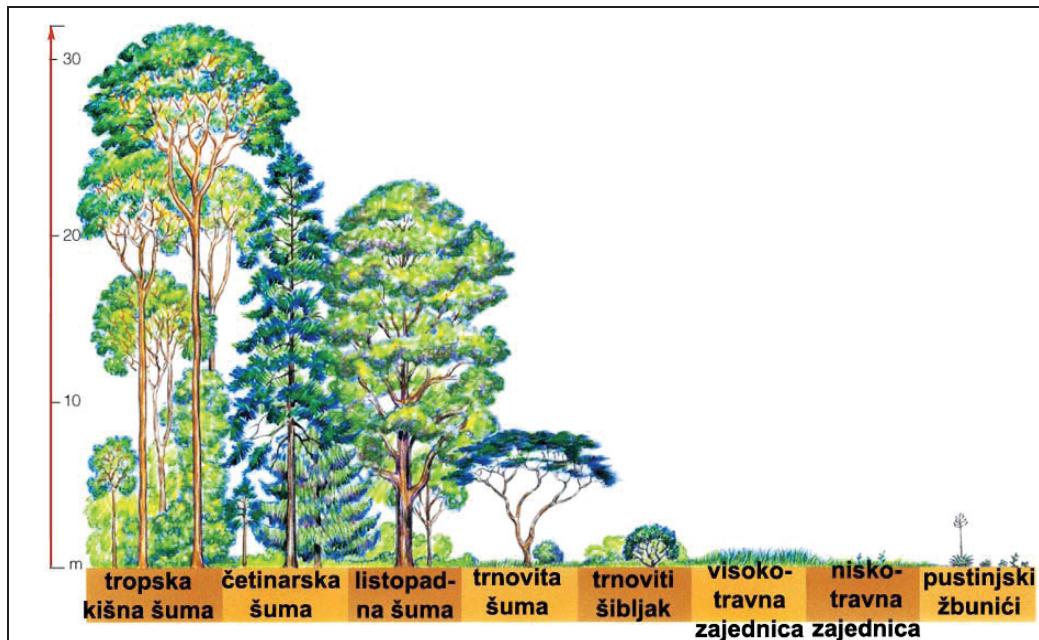
podaci o snimcima (lokalitet, nadmorska visina, ekspozicija i nagib terena, tip zemljišta, veličina snimaka i dr.) (tab. 11).

Prostorna struktura zajednice obuhvata horizontalni i vertikalni raspored organizama distribuiranih po spratovima i mikrostaništima.

6.1.1. Odnosi u biocenozi

Odnose u biocenozi određuju tri sledeća tipa populacija povezanih u prehrambene lance i mreže.

Producenti (proizvođači) su uglavnom zelene biljke koje putem fotosinteze vrše konverziju Sunčeve energije u vezanu hemijsku energiju šećera. Manje ima hemosintetskih producenata (neke bakterije i alge), koji energiju za sintezu organskih materija crpu iz oksido-redukcionih reakcija koje izazivaju na neorganskim supstratima.



Sl. 184. – Biocenoze se uglavnom dele prema fitocenozama i prostorno smenjuju prateći komplekse abiotičkih faktora (modifikovano: Miller, 2007).

Konzumenti (potrošači) su životinje koje hraneći se biljkama koriste fotosintezom proizvedene materije, tj. primarni konzumenti (fitofagi, odnosno biljojedi) su, ali postoje i sekundarni (hrane se primarnim biljojedima, tj. mesojedi su) i tercijarni konzumenti. Biljojede životinje zbog niske kalorične vrednosti hrane koju koriste moraju ili da unose ogromne količine hrane u sebe, ili da poput koale spavaju 19 sati dnevno.

Reducenti koriste defekacijom i/ili izlučevinama iz tela producenata i konzumenata izbačene proizvode, odbačene delove tela ili ostatke uginulih organizama. Naime, producenti i konzumenti u životnim aktivnostima iskoriste samo deo energije inkorporirane u hrani. Proizvode defekacije, odbačene delove ili ostatke tela nakon njihovog uginuća (u kojima je zaostala energija) koriste razne bakterije, gljive i životinje (brojni insekti, rakovi i dr.). Dele se na nekrofage koji se hrane lešinama, odbačenim delovima tela (rogovi, dlake, egzuvije, košuljice i sl.), opalim lišćem (detritofagi) i koprophage koji jedu fekalije drugih organizama.

Preko ovih karika u biocenozi energija proizvedena na početku lanaca ishrane se postepeno izvlači kroz karike (populacije koje su članice biocenoze) i tako u prirodi postiže maksimalna energetska efikasnost. Pošto je energija vezana za materiju, ni ona se ne oslobađa naglo, već postupno, tj. nema ni velikih materijalnih gubitaka.

Tako se biocenoze mogu definisati kao veoma veliki broj populacija organizama raznih nivoa složenosti građe, koje se u lancima i mrežama lanaca ishrane nadovezuju jedne na druge. Problem nastupa isključivanjem karika, tj. cepanjem ove mreže. Tada se u okruženje emituje previše i materije i energije koju postojeći reducenti ne mogu da savladaju. To je, zapravo, zagađenje životne sredine, a posledica je, skraćivanje lanaca ishrane, cepanje prehranbenih mreža, tj. uprošćavanje biocenoze odnosno smanjivanje njene biološke raznovrsnosti.

6.1.2. Struktura biocenoze

U svakoj biocenozi se razlikuju elementi koji čine njenu strukturu (kvantitativni i kvalitativni) i elementi dinamike.

Kvantitativni strukturni elementi biocenoze su: brojnost vrsta koji je sačinjava, broj jedinki u njima, odnosi između vrsta iskazani preko njihove dominantnosti, frekventnosti, karakterističnosti, indeksa biodiverziteta, odnosa biomasa itd.

Broj i sastav vrsta se dobija detaljnom identifikacijom i klasifikacijom materijala sakupljenog adekvatnim tehnikama, ili snimljenog na adekvatan način.

Dominantnost (D), tj. procentualna zastupljenost vrste se računa po formuli:

$$D_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \cdot 100 \quad \text{gde je } D_i \text{ dominantnost date vrste, } a_i \text{ broj jedinki te vrste, a } \sum a_i \text{ ukupan broj jedinki svih nađenih vrsta.}$$

Prema izračunatim vrednostima vrste se svrstavaju u pet uobičajenih kategorija koje su ustanovili TISCHLER (1949) i HEYDEMANN (1953) (iz SCHWERDT-FEGER, 1975), ali malo modifikovanih zbog preciznosti matematičke obrade: eudominantne (preko 10%), dominantne (5,1–10%), subdominantne, tj. influentne (2,1–5%), recedentne (1,1–2%) i subrecedentne (do 1%). Izračunate vrednosti su posebno korisne kada se upoređuje više biocenoza.

Frekventnost ili učestalost nalaženja (F) (tj. prisutnost) svake vrste na različitim biotopima (pri poređenju biocenoza) se računa kao i **konstantnost** vrsta (permanentnost nalaženja na istom mestu) po obrascu:

$F = 100 \cdot \frac{b}{a}$ gde **a** predstavlja ukupan broj proba (snimaka), a **b** je broj „pozitivnih“ proba ili snimaka (u kojima je zatečena data vrsta). Prema izračunatim vrednostima vrste su svrstavane u četiri (malo modifikovane) kategorije koje je dao TISCHLER (1949): eukonstantne (75,1–100%), konstantne (50,1–75%), akcesorne (prateće) (25,1–50%) i akcidentalne (slučajne) (0–25%).

Ekološki vrlo bitan pokazatelj pri komparaciji biocenoza (ili iste biocenoze u funkciji vremena) je **karakterističnost vrsta**. Karakterističnim se smatraju vrste koje se javljaju isključivo u jednom tipu biocenoze. Nasuprot njima kategorija indiferentnih obuhvata vrste koje se nalaze u više od polovine, dok su prelazne u više od jedne, a manje od polovine istraženih biocenoza.

Zastupljenost životnih formi i širina spektra ishrane životinjskih vrsta koje ulaze u njen sastav može biti dobar pokazatelj situacije u biocenozi. Tako se npr. među bubama-surlašima mogu po formi razlikovati **fitofili** (**tamnobionti** koji preferiraju drvenaste, i **hortobionti** vezani za zeljaste biljke), **geofili** (stanovnici tla uključujući ksilobionte i ksilomikobionte koji obitavaju među trulim lišćem i opalim grančicama), i **hidrofili** (ljubitelji vodenog bilja ili vlažnih terena), a po spektru ishrane **monofagi** (hrane se isključivo jednom bilnjom vrstom), **oligofagi** (konzumiraju nekoliko srodnih biljaka) i **polifagi** (hrane se sa više od pet biljnih vrsta, nekad i iz različitih rodova).

Radi prikaza bogatstva i upoređivanja stabilnosti za biocenoze (ili njihove delove) se računa **indeks opštег diverziteta** po Šenon–Viverovom obrascu (C. E. SHANNON i W. WEAVER, 1948):

$$\overline{H} = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

gde se kao značajna vrednost za svaku vrstu (n_i) može

uzeti npr. broj individua, a N tada predstavlja ukupan broj jedinki svih S vrsta. Diverzitet je znatno veći kada vrste imaju približno jednaku učešće, nego kada jedna izrazito dominira (KREBS, 1978). Stoga je ponekad bolje primeniti Simpsonov obrazac (SIMPSON's diversity index, 1949) kojim se vrstama pridaje značaj srazmeran njihovoj učestalosti:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

gde su svi parametri kao u prethodnom obrascu.

Indeks ravnomernosti (tj. ujednačenosti vrsta, engl. – Evenness index) se računa po formuli koju je dala Evelyn Christine PIELOU (1966):

$$e = \frac{\overline{H}}{\ln S}$$

u kojoj je \overline{H} Šenonov indeks, a S broj vrsta.

Za upoređivanje različitih biocenoza, koriste se **indeksi sličnosti**. Serensonov indeks (engl. Index of similarity) (S) (SØRENSEN, 1948):

$$S = \frac{2C}{A + B}$$

gde je A – broj vrsta u jednom uzorku (na jednom biotopu), B – broj vrsta

u drugom, a C – broj zajedničkih vrsta.

U istom cilju se kao kontrolni koristi Žakardov indeks (C_j) (JACCARD, 1901):

$$C_j = \frac{j}{a+b-j}$$

gde je a – broj vrsta u jednom uzorku (na jednom biotopu ili stanju), b – broj vrsta u drugom, a j – broj zajedničkih vrsta.

Kvantitativni odnosi članica u biocenozi se figurativno mogu prikazati piramidama brojeva, biomase i energije (brzine produkcije hrane). Ukoliko je piramida najšira u bazi, a sružava se ka vrhu, zajednica je stabilna (sl. 185).

Ma kakav grafički prikaz bio, nemoguće je da pokrije i realno predstavi baš sve članice biocenoze. Reducenti redovno nedostaju u ovim prikazima.

Postoje biocenoze sa relativno malim brojem članova (termalni izvori, jako slana jezera i zemljista, polupustinje, pustinje, ledene pustinje i sl.). Zbog ekstremnih uslova koji u njima vladaju, malo je članova u prehranbenim lancima, pa je i slaba iskorišćenost materije i energije. Drugim rečima, abiotički faktori na neki način diriguju brojčane odnose u biocenozi i određuju njenu produktivnost.

Kvalitativni sastav biocenoze predstavlja sastav vrsta koje ulaze u nju. On varira geografski i istorijski. Zavisi ne samo od recentnih klimatskih faktora, pedofsere i dr., već i od istorijskih faktora, uslova koji su nekada mogli uticati na odlazak ili dolazak vrsta u taj sistem, tj. na njegovu stabilnost. Pri promjenjenim uslovima životne sredine lanci ishrane se skraćuju i opada kvalitativni sastav zajednice, tj. njena raznovrsnost.

Biocenoza nije slučajni skup organizama. To potvrđuje činjenica da ako isključimo neku od komponenata (svejedno da li spada u producente, konzumente ili reducente) dolazi do velikih poremećaja u sistemu, a pogotovo ako se iskazuju više članova.

Stabilna biocenoza ima veliki broj vrsta, povezanih prehranbenim lancima koji omogućuju protok energije i kretanje (*ne kruženje* – za kruženje je neophodan i biotop) materije.

Biocenoza sama reguliše tokove. Imput i emput energije su približno jednaki. Putevi kretanja materija su ustaljeni.

Na produktivnost bioceneze nam ukazuju odnosi producenata, konzumenata i reducenata. U listopadnoj šumi je, npr. veliki broj reducenata, i to nekrofaga, jer ima puno opale lisne mase koju treba rastaći. Na livadi, pak, ima više fitofaga, a na kamenjaru karnivora. Sećom šume izaziva se velika promena u strukturi njenih nekrofaga – opašće broj osetljivijih nekrofagih vrsta, dok će oni nekrofagi koji su tolerantniji na manje vlage, više svetla, veća kolebanja temperature itd., povećati brojnost. Promeniće se kvalitativno i fauna insekata, kišnih glista i dr. grupa. Doći će druge vrste, spremne za novonastale uslove. Stare će smanjiti prisustvo, ili sasvim nestati. Ako su oko isečene šume livade, livadski elementi će polako istiskivati stare, šumske, kojima novi uslovi ne odgovaraju. Ako u okruženju nema u blizini livada, neće prodati njihovi elementi u biocenezu, a šumski će ili odumreti, ili preživeti prilagođavajući se novim prilikama. Može se čak desiti da iskrčeni prostor ostane sasvim prazan.

Smene bioceneza se nazivaju **sukcesije**. Novi uslovi sredine omogućavaju jednoj vrsti zajednice da zameni prethodnu. Proses je postepen – useljavaju se jedna po jedna vrsta. Mogu se razlikovati primarna i sekundarna sukcesija.

- **Primarna sukcesija:** postepeno formiranje bioceneza u beživotnim zonama. U kopnenim ekosistemima ona se dešava na mestima gde još nema formiranog zemljišta ili sedimenta (sl. 186).



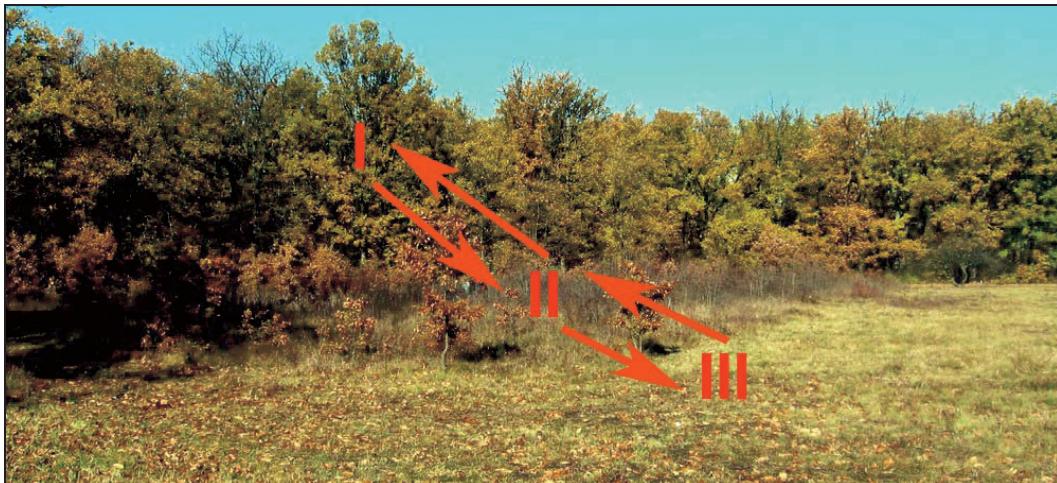
Sl. 186. – Primarna sukcesija bioceneza od stene do bukove šume (foto: S. Pešić, 2008., Stara planina)

- **Sekundarna sukcesija:** serije zajednica koje se razvijaju na mestima gde već postoji zemljište ili sediment. Možemo je nazvati i novi početak. Dešava se tamo gde su narušene primarne, tj. prirodne životne zajednice. Može teći u pravcu progradacije ka primarnom ekosistemu, ili degradacije (ka nekom od vidova antropogeno održavanih sistema) (sl. 187).

Tok sukcesije ne može biti precizno predviđen. Ukoliko prestanu antropogeni uticaji (poput krčenja, košenja i sl.) najverovatnije je da će se kao konačni rezultat razviti klimatogena zajednica, ali ako se intenziviraju i redovno upražnjavaju biće formirani sekundarni ili tercijarni ekosistemi.

Pri sukcesiji je izražena kompeticija među vrstama za dovoljno svetlosti, hrane i prostora. Ovo takmičenje diktira tok sukcesije.

Na prostorima centralne Srbije, koji pripadaju biomu listopadnih šuma (tj. listopadne šume su primarni, tzv. klimatogeni ekosistemi), livade su nastajale krčenjem (predstavljaju sekundarne ekosisteme). Stoga, ako se ne održavaju redovnim košenjem, livade se sekundarnom sukcesijom, tj. *Prirodom progradacijom*, nakon više godina, prošavši stadijum šibljaka, opet vraćaju u stanje šuma. Njive i druge tzv. obradive površine (pogotovo okopavine) su pod još jačom antropogenom kontrolom i predstavljaju tercijarne ekosisteme. Njihovim zapuštanjem polako u sukcesiji preko stadijuma parloga se najpre zarastanjem obrazuju sekundarni, pa na kraju, ukoliko ljudski uticaji i dalje izostaju, i primarni – šumski ekosistemi.



Sl. 187. – Sekundarna sukcesija biocenoza u Šumaricama (Kragujevac): degradacija primarne hrastove šume (I) preko prelaznog šibljaka (II) u sekundarni sistem livade (III), odnosno programacija u obrnutom smeru (foto S. Pešić, oktobra 2006. godine)

Živi sistemi raspolažu izvesnim stepenom stabilnosti, tj. podložni su stalnom menjanju usled prilagođavanja variranjima uslova sredine. Drugim rečima svaka biocenoza raspolaže sledećim svojstvima:

- inercija (otpor): sposobnost živoga sistema da se odupre kada je narušen ili promenjen;
- konstantnost: sposobnost živoga sistema da zadrži kvantitet i kvalitet u granicama koje dopuštaju raspoloživi resursi;
- elastičnost: sposobnost živoga sistema da se povrati i popravi oštećenja (ali ne prevelika) nakon narušavanja.

Drugim rečima, **biocenoza je sistem sposoban da sam reguliše svoje odnose**. Brojnosti populacija njenih članica permanentno osciluju, ali ona održava sve njih u nekom najoptimalnijem odnosu. Tako se prirodno postiže najbolji protok energije i kruženje materije u ekosistemima. Zato u očuvanoj šumi vazduh nikada ne smrdi, iako se permanentno dešava raspadanje i razlaganje ogromnih količina organskog materijala, jer je kruženje materija pravilno raspređeno, nema nagomilavanja otpada u „deponije“. Naravno da u tom procesu reducenti imaju glavnu ulogu. Bez njih bi za 30 godina opalo lišće zatrpano šumu do vrha krošnji, a u njemu bi ostao neiskorišćen ogroman mrtvi kapital u vidu mineralnih soli.

Iz kvalitativnog i kvantitativnog sastava biocenoze ne vidimo samo njeno trenutno stanje, nego i istorijski razvoj, jer u novim uslovima su i elementi stare strukture, u vidu relikata. Ukoliko se biocenoza duže razvijala u povoljnijim uslovima, utoliko će više različitih populacija, tj. vrsta imati (to znači i veći **indeks biodiverziteta**, tj. raznovrsnosti, a usled toga i veću stabilnost), ali sa manjim brojem jedinki u njima. Postojanje većeg broja vrsta mnogim zajednicama omogućava povećanu održivost.

Drastične promene klimatskih i drugih uslova vode postanku nestabilnih biocenoza (mali broj populacija, sa dosta jedinki). Danas je to uglavnom antropogeno zagađenje. Neodmerene ljudske aktivnosti narušavaju funkcionisanje biocenoza, ekosistema, a time i globalni opstanak, tj. prirodnu ekonomiju. U čistim rekama, npr. u bentusu po jedinici površine živi 300–400 primeraka većeg broja vrsta oligoheta, a u zagađenim 1.500 i više jedinki uglavnom samo jedne vrste. Zbog zagađenja tu izostaju mnoge vrste, ali su preostale izgradile masovan, mada nestabilan sistem, koji svakog časa može pasti.

Svi članovi biocenoze su uklopljeni u sistem i imaju značaj u protoku materije i energije. Sistem sam reguliše odnose i stabilan je.

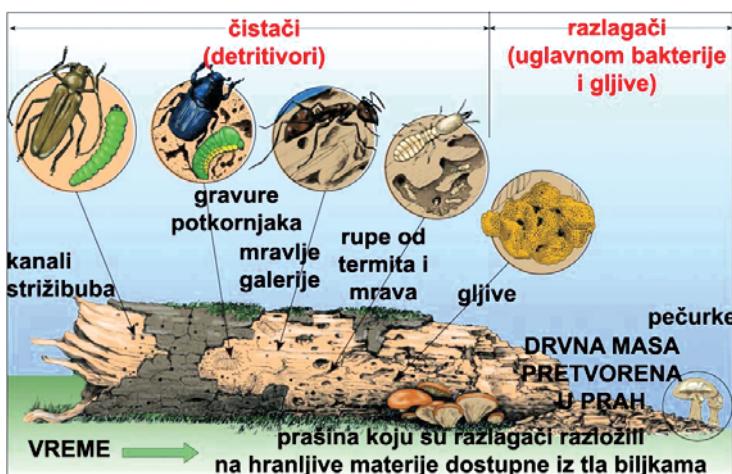
Strukture više populacija koje se javljaju u prirodi, a ne mogu da održe ravnotežu nisu biocenoze, već kompleksi populacija. Biocenoze su u konkretnom potoku, šumi, livadi, zabranu i dr. Međutim, stanovnici pećine ne čine biocenuzu, već *kompleks populacija* (biljnih, životinjskih i populacija gljiva i mikroorganizama), nesposoban da sam reguliše odnose svojih populacija, tj. ne može se samostalno održavati godinama pošto nema sopstvene producente, već zavisi od spranih nutrijenata iz drugih ekosistema koji su fizički iznad, na površini tla.

Kompleksi populacija su i povremene strukture, vremenski ograničene, koje čine delove biocenoza. Na primer, truli panj u šumi (sl. 188) okuplja specifičan živi svet (gljive, insekti, stonoge, paukolike životinje, gliste i dr., svi sa svojim epizitima i parazitima), ali samo dok je i sam panj prisutan (pošto se permanentno razlaže i menja). Opali plod jabuke je takođe privremenih životni kompleks, koji okuplja neke gljive, insekte, puževe golače, gliste itd. I u vremenu trajanja raspadanja leša možemo razlikovati sukcesiju nekoliko različitih zajednica.

Što više životnih kompleksa biocenoza ima, to je raznovrsnija, manje monotona. Biocenoza livade će biti bogatija vrstama ako kroz nju teče potočić (zbog rubnog efekta*), ima gomile kamenja, usamljene žbunove, panj(eve), izvor(e), uvalice i sl., tj. ako ima više mikrostaništa, nego da je monotona. Biocenoza obuhvata i usaglašava sve ove sitnije komplekse.

Da bi se biocenoza efikasnije proučila sa svih aspekata odnosa u njoj, može se veštacki razložiti na *fitocenozu* i *zoocenozu***. To činimo samo zbog lakšeg proučavanja. Inače nema jedne bez druge. Biljke cvetnice, na primer, ne mogu bez oprašivača. Sa druge strane biljojedi bi propali bez biljaka.

Dalje se ovi delovi biocenoze, pošto su vrlo kompleksni, mogu razdvojiti na manje grupacije. Zoocenoza se može podeliti prema visinskim životnim kompleksima – *stratocenoze* (stratum – sprat, sloj). U šumi umerene zone razlikujemo bar četiri sprata biljaka (mahovine, zeljaste biljke, žbunje i drveće) i tri sloja (horizonti A, B i C) zemljišta, svi naseljeni specifičnim vrstama, tj. populacijama. *Meroценозе* su još manji kompleksi populacija, npr. na jednom listu, cvetu, korenju i dr. Balega može biti mesto okupljanja jednog privremenog životnog kompleksa, tzv. *horiocenoze*. Lešina, panj (sl. 188), gomila kamenja u šumi takođe. *Gilde* su grupacije vrsta sa sličnom ekološkom ulogom (npr. insekti koji jedu lišće). Ni jedan od ovih životnih kompleksa ne može sam opstati i trajno održati odnose populacija koje ga čine.



6.1.2.1. Fitocenoze

Fitocenoza je zajednica biljaka na jednom biotopu, tj. u jednom ekosistemu. U njenom proučavanju polazište je floristički sastav. On se pažljivo popiše, višekratnim izlaženjem na teren (tako da se pokriju svi fenološki aspekti), i svaki put odredi uticajnost svake od vrsta, tj.

* U kontaktnim zonama dva ekosistema je povećana raznovrsnost jer se kombinuju organizmi iz oba.

** Ne smemo zaboraviti ni mikrobiocenozu (mikroorganizme) i fikocenozu (gljive).

precizira struktura fitocenoze: *brojnost* jedinki, *obrast* i *disperzija*, *pokrovnost*, *učestalost*, *zdrženost* (socijalnost). Nauka koja ovako kvantitativno proučava fitocenoze naziva se **fitocenologija**. Rezultati terenskih snimaka se unose u fitocenološke tabele (tab. 11).

U izučavanju *brojnosti* vrste u fitocenozi podesno je korišćenje relativne brojnosti. Dominantne biljne vrste svojom brojnošću, biomasom i ulogom daju pečat i određuju fiziognomiju zajednice (i ekosistema), tj. imaju ulogu graditelja zajednice i zovu se i *edifikatori*. Od životne forme edifikatora zavisi fiziognomija (izgled) i funkcionalisanje celog ekosistema.

Pošto ni uslovi biotopa nisu ujednačeni na čitavom njegovom prostoru, i biljna zajednica pokazuje neujednačenost, tj. postoji u vidu manjih delova zajednice – *sastojina*, u kojima su jedinke iste vrste raspoređene gušće ili ređe (*obrast*), ravnomerno ili ne (*disperzija*).

Pokrovnost je osobina specifična za vrstu, tj. zavisi od habitusa jedinki i u procentima predstavlja površinu koju nadzemni biljni delovi pokrivaju posmatrani odozgo (u horizontalnoj projekciji). Ona ne zavisi od brojnosti jedinki (može da bude velika brojnost, a mala pokrovnost, i obratno). Ukoliko je zajednica višespratna, za svaki sprat se određuje pokrovnost u procentima u odnosu na ukupnu površinu koju zajednica naseljava. Braun-Blanke (Josias Braun-Blanquet, 1884–1980) je predložio objedinjenu skalu, od + do 5, za izražavanje brojnosti i pokrovnosti: 5 – bez obzira na broj jedinki vrsta pokriva 75–100% površine; 4 – bez obzira na broj jedinki vrsta pokriva 50–75% površine; 3 – bez obzira na brojnost vrsta pokriva 25–50% površine; 2 – vrsta je vrlo brojna, a pokriva 10–25% površine; 1 – vrsta je brojna, ali pokriva samo 1–10% površine; i + – vrsta je malobrojna, a njena pokrovnost neznatna.

Tabela 11. – Deo fitocenološke tabele za šibljak sačinjene u Botaničkoj bašti u Šumaricama (Kragujevac), školske 2002-2003. godine

Kragujevac, Šumarice:	Šumarice – Botanička bašta			
Nadmorska visina:	230 m			
Ekspozicija:	severna			
Nagib:	10°			
Geološka podloga:	tercijarni sediment			
Tip zemljišta:	smonica u ogajnjačavanju			
Visina vegetacije:	2,5m			
Prečnik stabla:	1,5cm			
pokrovnost:	80%	80%	80%	100%
Površina snimka:	50m ²			
Datumi snimaka:	15.11.2002.	27.12.2002.	11.03.2003.	22.04.2003.
Sprat žbunja:				
<i>Cornus sanguinea</i>	3.3	2.3	2.3	3.3
<i>Rosa canina</i>	1.2	+.2	+.2	+.2
<i>Prunus spinosa</i>	1.2	+.2	+.2	+.2
<i>Ligustrum vulgare</i>	+.1	+.1	+.1	+.1
<i>Crataegus monogyna</i>	+.1	+.1	+.1	+.1
<i>Rubus caesius</i>	1.2	.	.	+.1
Zeljasti sprat:				
<i>Glechoma hirsuta</i>	1.2	+.2	+.2	1.1–1.2
<i>Geum urbanum</i>	+.1	+.1	1.1	+.1
<i>Glechoma hederacea</i>	+.1	+.1	+.2	+.2
<i>Fragaria vesca</i>	+.1	+.1	+.1	+.1
<i>Viola odorata</i>	+.1	+.1	+.1	+.1

Konstantnost (stepen stalnosti) se iskazuje kroz procenat fitocenoloških snimaka u kojima je data vrsta registrovana u odnosu na ukupan broj načinjenih snimaka. Skala od I do V je sledeća: V – vrsta je prisutna u 80–100% snimaka; IV – vrsta je prisutna u 60–80% snimaka; III – u 40–60%; II – u 20–40%; I – vrsta je bila prisutna u 0–20% učinjenih fitocenoloških snimaka.

Učestalost (frekvencija) pokazuje u koliko se probnih površina od ukupno snimljenih nalazi data vrsta.

Socijalnost (združenost) ukazuje na međusobni raspored jedinki iste vrste. I ovde postoji petodelna skala: 5 – vrsta raste u velikim gomilama; 4 – vrsta raste u velikim hrpama; 3 – vrsta raste u vidu manjih jastučića ili hrpica; 2 – vrsta raste u busenima; 1 – vrsta raste pojedinačno.

U fitocenologiji se najčešće združuju ocene za brojnost, pokrovnost i socijalnost. Tako, npr. ako neka biljna vrsta dobije 1.2 to znači da pokriva 1–10% i raste u busenima.

Spratovnost, tj. vertikalna stratifikacija je osnovna karakteristika biljnih zajednica. Nastaje kao posledica prostornog gradijenta ekoloških faktora u biotopu. Gornji sloj, bez obzira da li je vodena ili kopnena zajednica, je osvetljen, a donji neosvetljen (u zemljiju ili u dubini vodenih basena). U listopadnim šumama umerenog pojasa iznad tla se smenjuje sedam spratova: sprat visokog drveća (u kojem dominira edifikatorska vrsta), sprat niskog drveća, sprat visokih žbunova, sprat niskog žbunja, sprat visokih zeljastih biljaka, sprat niskih zeljastih biljaka i sprat prizemnih mahovina; u zemljiju su još tri sprata. U istom spratu žive biljke sličnih ekoloških potreba.

U zajednicama vodenih ekosistema postoji i **horizontalno zoniranje**, kao posledica horizontalnog gradijenta ekoloških faktora. Tako u Ohridskom jezeru postoje tri zone: *litoralna* (do 20 m dubine), *sublitoralna* (dubine 20–50 m) i *dubinska*. U litoralu se emerzna vegetacija (pojas trske) smenjuje pojasom podvodnih livada, a još dublje je pojas hare.

Inače, horizontalno zoniranje vegetacije je izraženo i na čitavoj Zemlji, što je posledica geografske širine (sl. 60 i 184).

Osim prostorne, fitocenoza ima i vremensku organizaciju, koja je veoma promenljiva jer prati godišnja doba. Naziva se i **sezonska promenljivost** ili **aspektivnost**. Predstavlja sumaciju svih fenoloških promena na pojedinačnim vrstama (tzv. **fenofaza**: listanje, cvetanje, plođenošenje, opadanje lišća, zimsko mirovanje) u sastavu fitocenoze. Ako je klima tokom čitave godine ujednačena (npr. u tropima) sezonske promene nisu izražene, pa ni aspektivnost u biljnim zajednicama. U umerenom klimatskom pojasu se smenjuju četiri godišnja doba, a aspeksata biljnih zajednica ima najmanje toliko (u stepama je utvrđeno 12 aspekata). Sezonsko smanjivanje biljaka u aktivnostima i dominaciji omogućava da ih znatno veći broj egzistira u istom prostoru i racionalno koristi raspoložive ekološke faktore.

Promene pri kojima se menja kvalitativni sastav i postojeće biljne zajednice bivaju zamjenjene drugačijima se nazivaju smene ili **sukcesije biljnih zajednica** (sl. 186 i 187). Kao što je već rečeno, primarne sukcesije počinju na biološki praznom prostoru (ogoličenom mestu na kojem još nije formirana biocenoza, poput svežih naslaga živog peska, požarišta, prostora zasutog vulkanskim lavom, novog ostrva, isušenog jezera, tek nastalih nanosa posle poplave i sl.). Najpre se doneti vodom, vetrom, životinjama i dr., naseljavaju spore, semena, plodovi i grade *inicijalnu biljnu zajednicu*. Ona polako počinje da menja i sam ambijent, pogotovo tle i tako se formiraju uslovi za novu, bogatiju *pionirsку biljnu zajednicu*, koja se kroz seriju sukcesija na kraju razvije u *klimatogenu biljnu zajednicu*. Po dužini trajanja sukcesije mogu da budu kratkotrajne (npr. parloženje njive i prelazak u livadu), dugotrajne (obnova šume na krčevini ili požarištu traje više decenija ili stoljeća) i vekovne (vezane za geološke periode i epohе).

6.1.2.2. Zoocenoze

Zoocenoza je zajednica svih životinja u jednom ekosistemu. To nisu slučajni skupovi životinja, već evolucijom kombinovane populacije različitih vrsta.

Zoocenologija se, za razliku od fitocenologije, zbog prirode svojih objekata, sreće sa brojnim poteškoćama. Pitanje kako razgraničiti šta je zoocenoza i gde su joj fizičke granice još nije sasvim definisano.

Iz velikih faunističkih spiskova (popisa vrsta) nije sve vidljivo. To je samo inventarizacija kako stalnih, tako i prolaznih, privremenih, povremenih ili slučajnih elemenata (vrsta). Jedna roda može u toku istog dana biti na livadi, u močvari, u šumi i ljudskom naselju, tj. učestvovati u više zajednica. Osim toga, tokom naše zime ona pripada i biocenozama u Africi, a pre toga na kratko i usputnim biocenozama na koje svraća radi odmora i hranjenja tokom migracije. Ovo je primer problema koji u definisanju granica zoocenoze pravi vagilnost (pokretljivost) životinja, pogotovo ako ima razmere migracije.

Drugi problem je što tokom razvića mnoge životinje iz stupnja u stupanj drastično menjaju tip životne sredine, tj. biocenoze (ekosisteme) kojima pripadaju. Na primer, larva komarca živi u slatkoj vodi. Odrasli su letači. Mužjaci sišu biljne sokove, a ženke krv sisara. Gde onda smestiti ova bića? U koju zajednicu?

Vilini konjici takođe imaju složeno razviće tokom koga menja sredine. Osim toga, odlični su letači, pa se mogu naći i na 30 km udaljenosti od vodenog basena u kojem su se razvijali. Ili drugi primer: leptiri iz Engleske dolaze u našu zemlju i polažu jaja iz kojih se ništa ne razvija, jer uslovi nisu odgovarajući za razviće. Ali, ipak svake godine doleću novi i učestvuju u ovdašnjim ekosistemima.

Sa fitocenozama je znatno lakše, jer se biljke ne sele i ne premeštaju tako lako.

Međutim, nije ni sa svim životinjama isto. Skakavac provede čitav život na istoj livadi. U zemljištu, u istoj toj livadi kišna glista guta supstrat tražeći odgovarajuću količinu raspadnutih materija. Gusenici sa te iste livade, pak, odgovara temperatura iznad 20°C i dovoljno lišća omiljene biljke. Znači, svaka vrsta životinja ima svoje potrebe.

Fitocenološki metod ovde očigledno ne vredi, jer biljke sa jednog biotopa imaju slične zahteve (potrebe za vodom, svetlošću i mineralnim solima su im približne, uostalom evolutivno su ih izgradile i formirale asocijacije) i ne menjaju stanište tokom života (malo je izuzetaka). Životinje ostvaruju razne odnose sa sredinom (njihovi zahtevi su kompleksniji), a i ponašaju se različito (čak i u okvirima iste vrste).

Zbog svega toga se **zoocenologija** zasniva na drugim principima, različitim od fitocenologije.

Leptira gubara i kišnu glistu u hrastovoj šumi na prvi pogled ništa ne vezuje. Ali, prenamnoženost gubara tokom jedne godine će za nekoliko godina (kada se završi mineralizacija oskudnih ostatka lišća iz te sezone) izazvati smanjenje broja glista. U pitanju je **prehrambeno-biološka zavisnost**.

Veliki je problem što ne možemo jednostavno odrediti mesto životinjskim vrstama, kao biljnim. Ljubičica *Viola macedonica*, npr. dolazi u tačno definisane fitocenoze i drugde je nema, dok je komarac *Anopheles maculipennis* tokom razvića učesnik više biocenoza, kako usled letačkih mogućnosti, tako i zbog razlike u prehrambenim potrebama mužjaka i ženki.

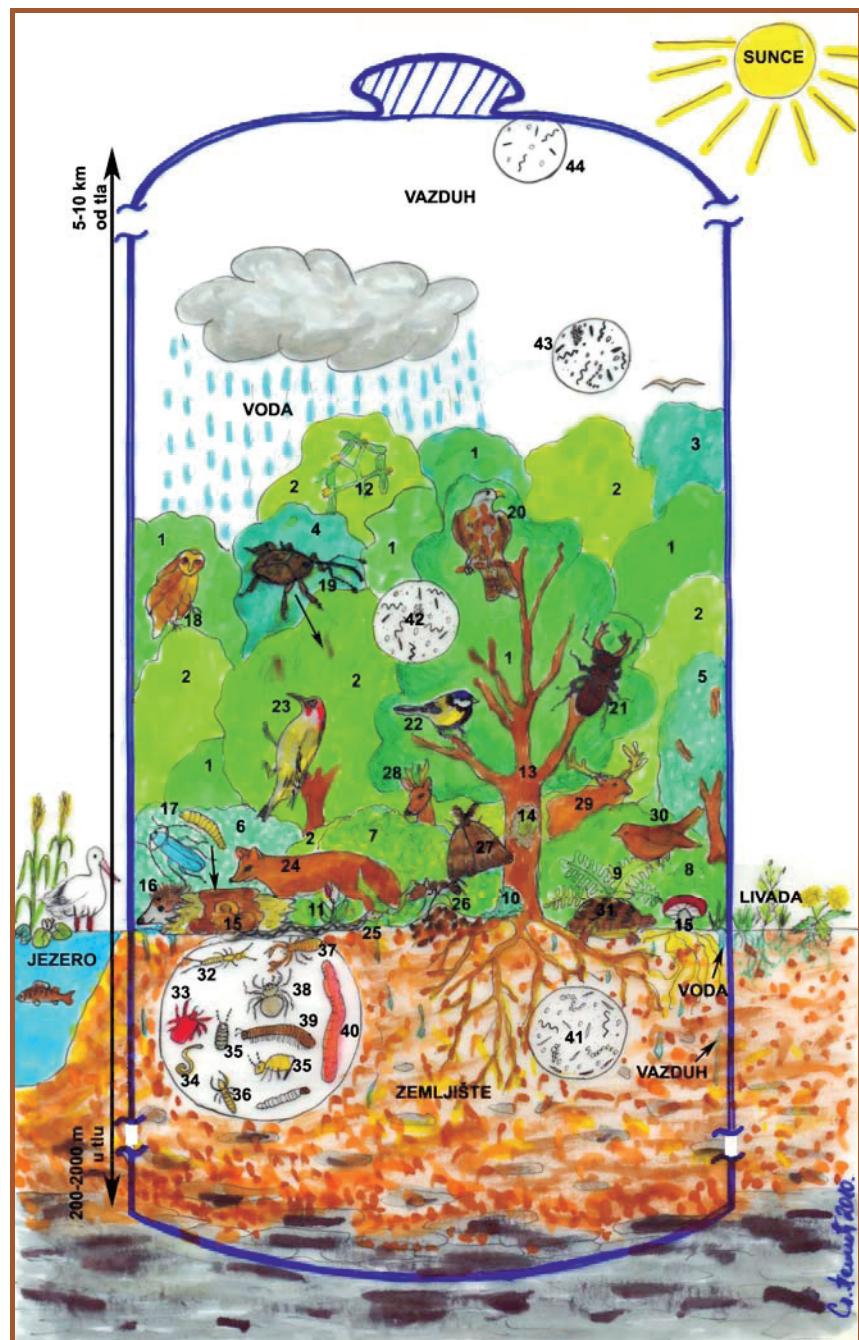
Suočen sa ovom činjenicom Emil Hans Willi HENNIG (1913–1976) je 1950. godine uveo pojam **semaforantska populacija**, podrazumevajući populaciju jedne vrste u jednom vremenskom trenutku. Tako populacija komarca dok je u fazi larve predstavlja jednu semaforantsku populaciju npr. u bari, a kada izleti postaje druga semaforantska populacija (adultna) u kojoj prva uopšte ne učestvuje.

Kako graditi biocenuzu na osnovu semaforantskih populacija, umesto vrsta? Moramo znati uticaj svake semaforantske populacije, tj. njenu ulogu. U te svrhe razlikuju se tri tipa populacija. **Korumpenti** su populacije životinja orijentisanih na biljnu ishranu. Tu spadaju i oprašivači. **Interkalari** su populacije koje zadržavaju organsku materiju između lanaca ishrane, tj. nekrofagi i koprofagi. **Obstanti** su konzumenti. Ovu terminologiju su razradili Szelenyi (u seriji radova objavljenih u periodu 1955–1958) i Karaman Mladen (1964–1965).

Pitanja za samoproveru znanja

1. Šta je biocenoza?
2. Koji se organizmi i zašto smatraju „graditeljima“ jedne životne zajednice?
3. Kako se po funkciji dele tipovi organizama koji čine biocenuzu?
4. Koje osnovne kvantitativne elemente strukture biocenoze razlikujete?
5. Šta je kvalitativni sastav biocenoze?
6. Da li je biocenoza statički, konzervisan sistem?
7. Šta su sukcesije u biocenozama?
8. Kako biodiverzitet određuje budućnost biocenoze?
9. Šta su stratocenoze, merocenoze, horiocenoze i gilde? Šta one znače biocenozama?
10. Šta je posao fitocenologa?
11. Koji problemi se javljaju u zoocenologiji?

7. Ekosistemologija



Detalj ekosistema hrastove šume na Gledičkim planinama kod Kragujevca
(autor S. Pešić)

7. EKOSISTEMOLOGIJA

7.1. EKOSISTEM

Ako biocenozi dodamo i abiotičke faktore dobija se ekosistem (**holocen, biogeocenozu**) u kom materija kruži, a energija protiče. **Ekosistem** je prvi definisao engleski biolog Tensli (Sir Arthur George Tansley, 1871-1955.; sl. 189), 1935. godine, kao prirodni kompleks koji objedinjuje živu (biocenozu) i neživu komponentu (supstrat na/u kojem zajednica živi, tzv. biotop), između kojih se vrši materijalna razmena (sl. 190). Zadatak sistema je da se energija maksimalno iskoristi u interakcijama biocenoze i biotopa.

Ekosistem je osnovna jedinica proučavanja u ekologiji. On predstavlja najvišu ekološku stvarnost. Ekosistemi su npr. konkretno jezero, planinski pašnjak, dolinska livada, određena šuma (poput hrastove šume u blizini Kragujevca na sl. 190), ali i bara, ribnjak, obradena njiva i sl.

Abiotički faktori limitiraju granice razvoja biocenoze. Biocen se razvija shodno mogućnostima biljnih i životinjskih organizama da iskoriste postojeće uslove.

Sistem jako osciluje iznutra usled dinamike žive i nežive komponente, ali je kao celina stabilan. Biocenoza utiče na abiogenu prirodu, a biotop na biocenozu. Npr. kalcifilne biljke žive na terenima bogatim kalcijum-karbonatom. Na tim mestima je bogata fauna makušaca. Tako podloga diktira sastav živog sveta. Međutim intenzitet dejstava u suprotnom smeru nije ništa manji. Biosfera stvara tipove zemljišta. Određeni tipovi zemljišta se razvijaju u određenim klimatskim zonama. U peščanim pustinjama danas je mineralna komponenta pokretna, tj. vетром nošen, nevezan, pesak. Pre milion godina tu je bilo zemljište. Nestankom zaštitne biogene komponente razložene su koloidne i druge čestice zemljišta, pa se ono mineralizuje i nastaje peščana pustinja.

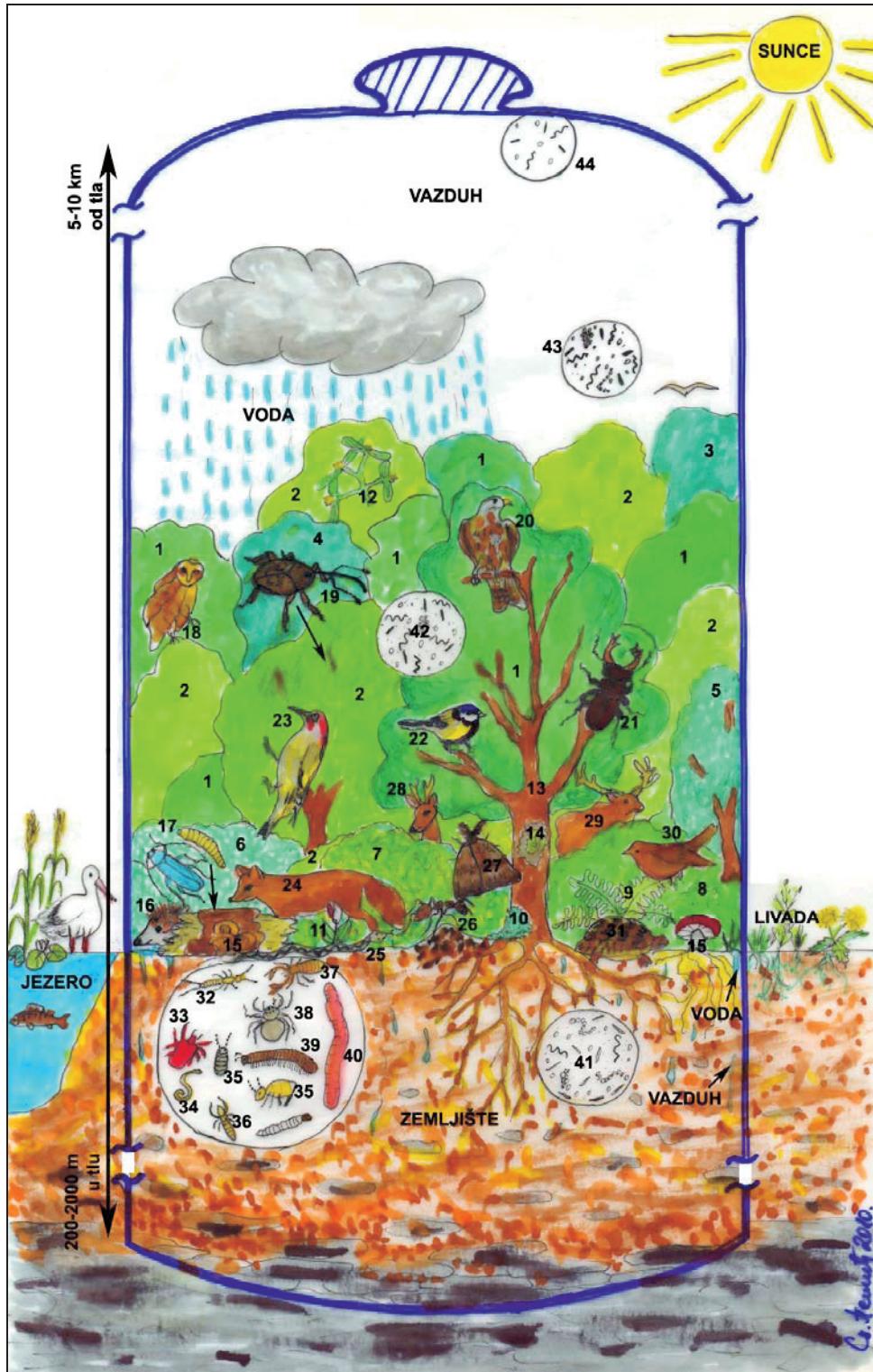
Za svaki ekosistem se zna da postoje odgovarajuće karakteristike **kruženja materije i protoka energije**. Početna energija je uglavnom od Sunca i ona mu se ne vraća (Sl. 191).

Različiti sistemi su različito produktivni (u šumi je, npr., velika produkcija). Svaki ekosistem ima specifičnosti u pogledu kvalitativnog i kvantitativnog sastava biocenoze, a to znači i unutrašnjih interakcija.

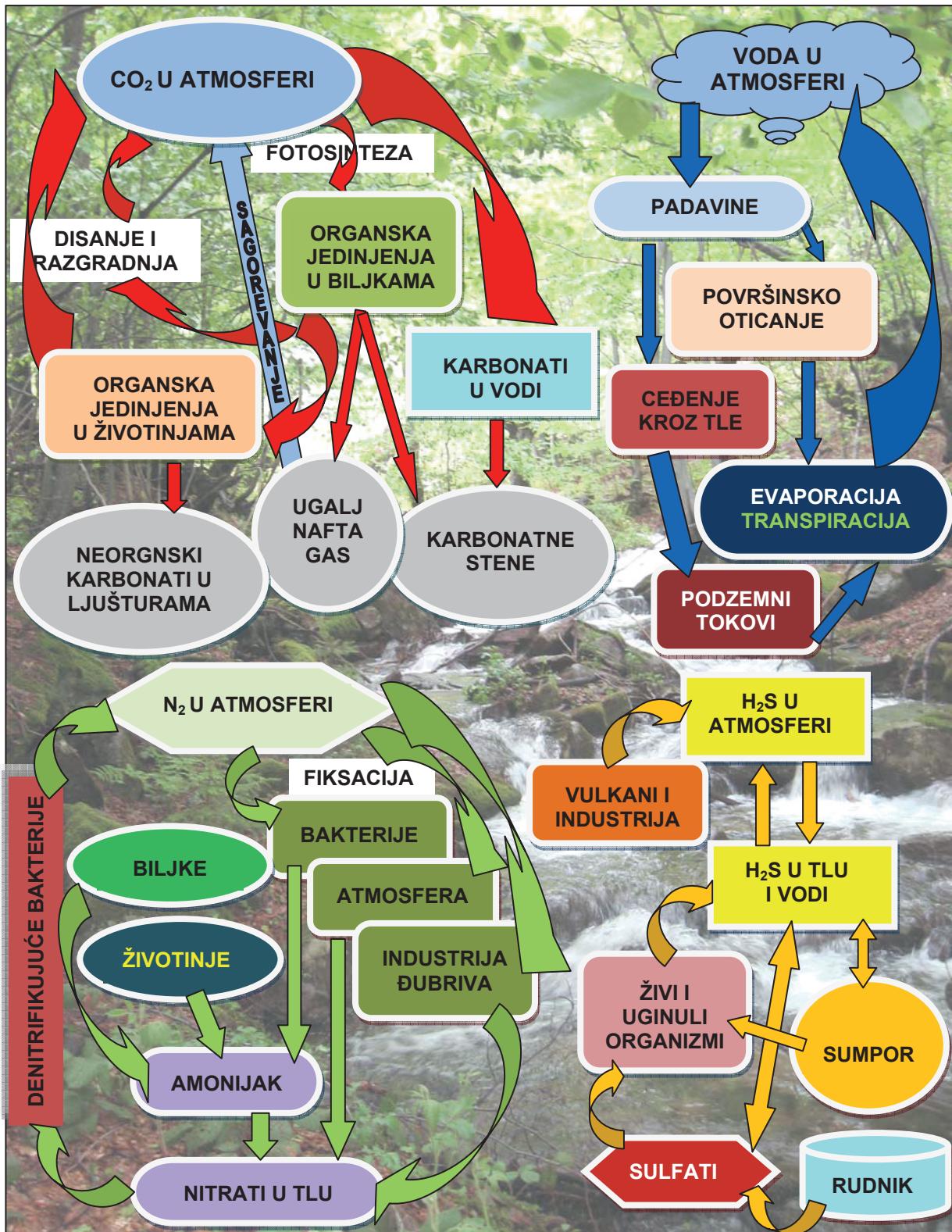
U ekosistemu materija kruži u ciklusima (sl. 72 i 191): azot, ugljenik, kiseonik, sumpor, fosfor, gvožđe itd., a energija protiče (sl. 192). Biljke iz biotopa izvlače elemente, koji mu se opet vraćaju posle razlaganja uginulog i odbačenog materijala. U biocenozi ciklusi kruženja materije se ne zatvaraju (nedostaje supstrat, neživa sredina, tj. biotop), pa kažemo da **kroz biocenozu i materija i energija protiču**. Neki ciklusi mogu privremeno biti isključeni iz sistema (npr. naslage uglja predstavljaju ugljenik privremeno isključen iz ciklusa kruženja; tek sagorevanjem se on ponovo uključuje; slično je sa naftom).



Sl. 189. – Sir Arthur George Tansley,
1871-1955.
([http://www.newphytologist.org/tansley/photos.htm#myGallery-picture\(4\)](http://www.newphytologist.org/tansley/photos.htm#myGallery-picture(4)))



Sl. 190. – Ekosistem (hrastova šuma u čijem susedstvu su ekosistemi jezera i livada) – jedinstvo neživog (zemljišta, vode i vazduha) i živog: 1 – sladun, 2 – cer, 3 – klen, 4 – lipa, 5 – brest, 6 – glog, 7 – divlja ruža, 8 – dren, 9 – paprat, 10 – mahovina, 11 – kozlac, 12 – imela, 13 – zelene alge na kori stabla, 14 – lišaj, 15 – gljive, 16 – jež, 17 – strižibuba i njena larva, 18 – sova, 19 – surlaš hrastov žirotoč, 20 – kobac, 21 – buba jelenak, 22 – senica, 23 – detlić žuna, 24 – lisica, 25 – zmija poskok, 26 – šumski mrav, 27 – leptir gubar, 28 – srna, 29 – jelena, 30 – slavuj, 31 – šumska kornjača, 32 – Diplura, 33 – zemljišna grinja, 34 – Nematoda, 35 – Collembola, 36 – Protura, 37 – lažna škorpija, 38 – pauk, 39 – stonoga, 40 – kišna glišta, 41 – zemljišni mikroorganizmi, 42 – mikroorganizmi u zoni vegetacije, 43 i 44 – mikroorganizmi u vazduhu.

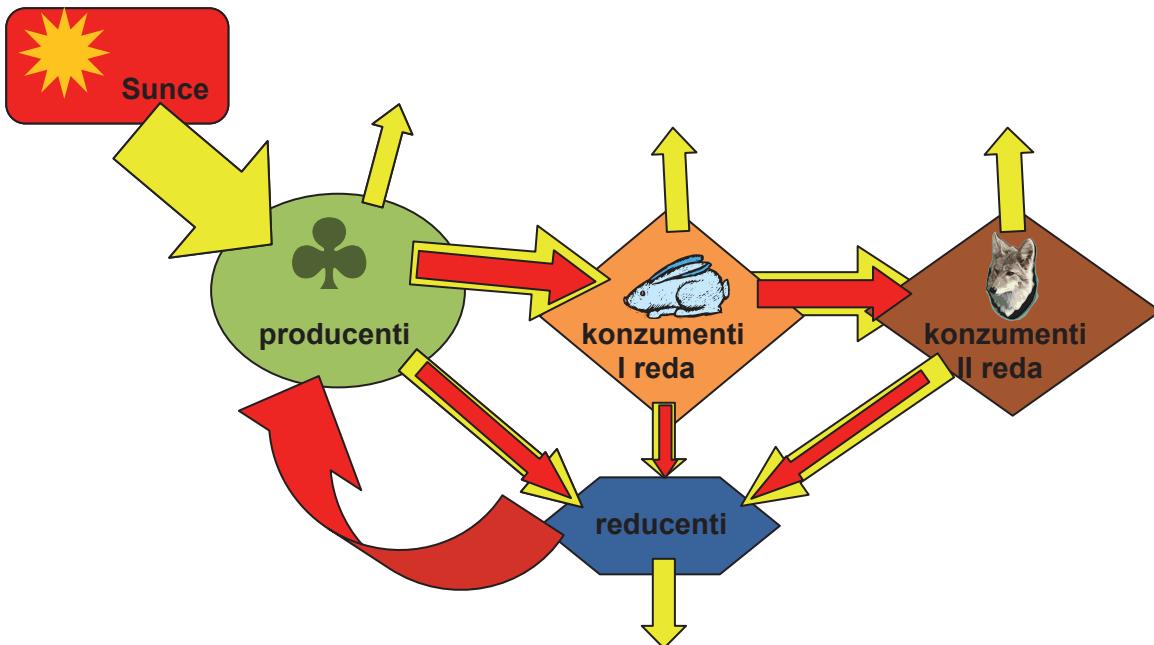


Sl. 191. – Kroz ekosistem materija kruži u ciklusima. Dati su ciklusi ugljenika, vode, azota i sumpora.

7.1.1. Organska produkcija ekosistema

Članovi biocenoze (odnosno ekosistema) se po ulozi koju imaju u lancima i mrežama lanaca ishrane dele na *producente* (proizvođače), *konzumente* (potrošače) i *reducente* (razlaže) (sl. 192).

Proizvođači (=autotrofi; grč. autos – sam sebe, i trophe – hranjenje) su u najvećoj meri zelene biljke. One "hvataju" svega oko 1% Sunčeve energije koja dospe na površinu planete Zemlje, od čega polovinu (talasne dužine 400-700 nm) koriste za sintezu ugljenih hidrata – osnovnih izvora hrane i energije za ostali živi svet. Taj proces sinteze organskih materija u zelenim biljkama, od vode upijene iz supstrata i ugljen-dioksida iz vazduha, posredstvom pigmenta hlorofila, se naziva **fotosinteza** (sl. 47). Kiseonik, koji se pri tome oslobađa (godišnje je to oko 500 milijardi tona), je sporedni produkt, ali životno bitan za sve aerobne organizme.*



Sl. 192. – Energija (žute strelice) protiče kroz ekosistem, a materija (crvene strelice) kruži u formi nutrijenata.

Hemosinteza je sposobnost nekih bakterija (hemoautotrofa) da od jednostavnih neorganskih (poput vodonik-sulfida, amonijaka, jona gvožđa i dr.) sintetišu organska jedinjenja koristeći hemijsku energiju oslobođenu reakcijama oksidacije i redukcije. Međutim, udeo ovim putem sintetisanih organskih jedinjenja u odnosu na fotosintezu je simboličan. Zato se najčešće primarna produkcija organske mase u prirodi poistovećuje sa fotosintetskim angažovanjem zelenih biljaka.

Posebna kategorija hemoautotrofa su **litotrofi**. Oni "konsumiraju" redukovana (elektronima bogata) jedinjenja, koja se u njihovim ćelijama oksiduju i elektroni uključuju u respiratori lanac čiji krajnji produkt je ATP. Akceptor elektrona može da bude kiseonik (kod aerobnih bakterija), ali i razna druga neorganska i organska jedinjenja. **Fotolitotrofi** energiju za ovaku sintezu dobijaju od svetlosti. Litotrofi učestvuju u mnogim geološkim procesima (poput menjanja materinskih stena i formiranja zemljишta), ali i u biogeohemijskim ciklusima kruženja sumpora, azota, i dr. elemenata. Mogu da žive na 3 km dubine u litosferi. Ovi organizmi imaju krucijalnu ulogu u održavanju života na Zemlji, jer su zaslužni za oslobađanje i uključivanje i biocikluse mnogih hemijskih elemenata zarobljenih u stenama.

* Svake godine se od 690 milijardi tona CO₂ i 280 milijardi tona vode sintetiše oko 500 milijardi tona ugljenih hidrata, ali je čak 90% toga neiskoristivo za hranu, jer je u formi celuloze i hitina (ostale četiri milijarde tona su skrob i glukoza). Od ukupne fotosintetske proizvodnje, 80% se odvija u morima. Zavisno od niza spoljašnjih faktora (temperatura, količine kiseonika) fotosinteza se odvija do nadmorske visine 6.000 metara, a u moru do dubine 90 m, ukoliko je voda bistra.

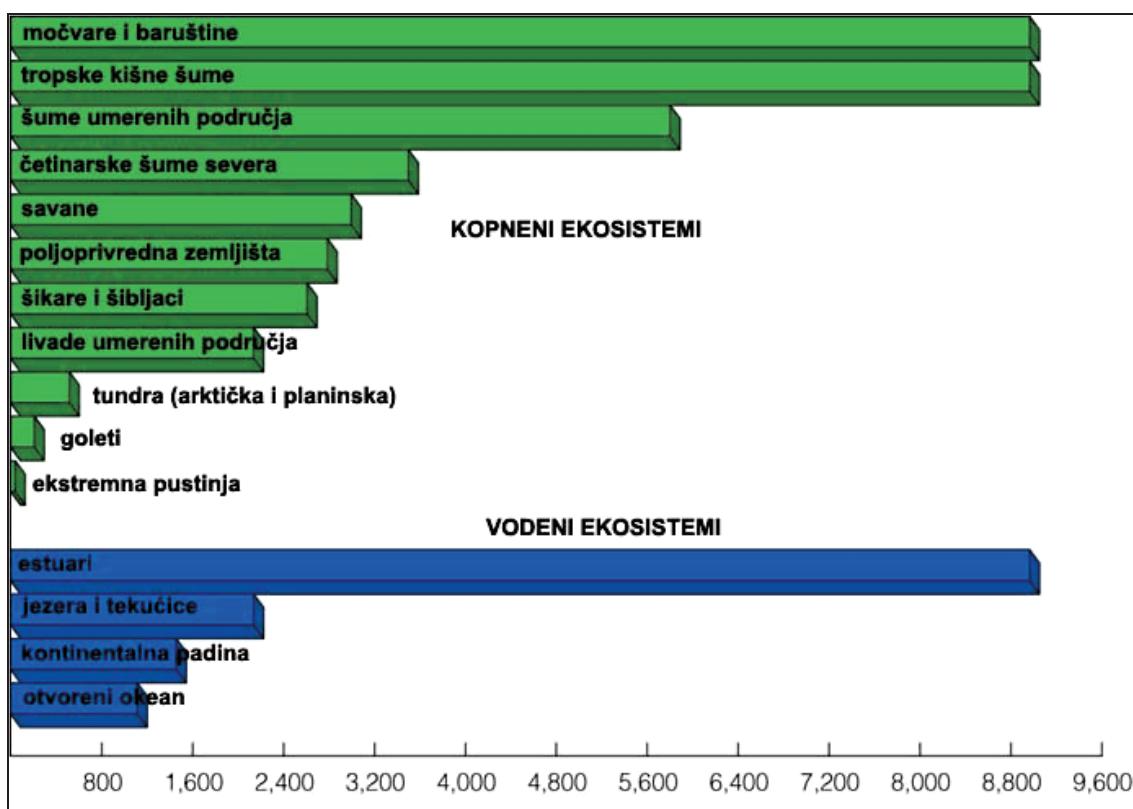
U prisustvu kiseonika kao akceptora elektrona funkcionišu sledeće kategorije hemoautotrofa. Gvožđevite bakterije oksiduju fero- (Fe^{2+}) u feri- (Fe^{3+}) jone. Azotne bakterije oksiduju amonijak do nitrita, ili nitrata. Purpurne sumporovite bakterije i još neki hemolitotrofi oksiduju sulfide u sumpor. Sumporne bakterije od sumporovih oksida, ili drugih jedinjenja nastalih oksidacijom sumpora (sulfati, tiosulfati, tionati, polisulfidi i dr.) proizvode sulfide. Vodonične bakterije oksiduju vodonik u vodu. Karboksidotrofne bakterije prevode ugljen-monoksid u ugljen-dioksid.

Bez kiseonika hemosintetišu npr. metanogene bakterije oksidujući vodonik na račun redukcije ugljen-dioksida do metana; sumporna bakterija *Thiobacillus denitrificans* oksiduje azotom razna redukovana jedinjenja sumpora (ona je hemolitoautotrof).

Mera efikasnosti ekosistema je veličina njegove organske produkcije. Izražava se količinom organske materije sintetisane u jedinici vremena na jedinicu površine / zapremine. **Primarni produktivitet** je brzina kojom se energija gomila u producentima (proizvođačima) pri fotosintezi ili hemosintezi. Na primarnu organsku produkciju utiču mnogi faktori. Najvažniji su jačina Sunčeve svetlosti i dužina dana (sl. 193).

Dnevna produkcija tipičnih ekosistema varira od 0,5 do 20 grama suve materije po kvadratnom metru.

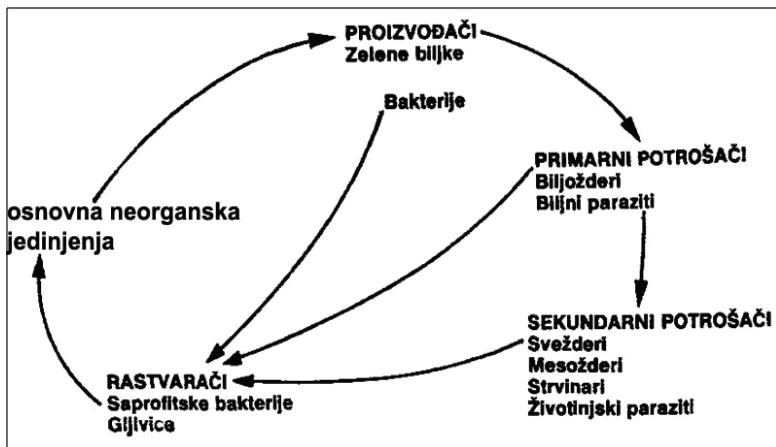
Veličina primarne organske proizvodnje se može posredno odrediti merenjem količine oslobođenog kiseonika, ili utrošenog ugljen-dioksida.



Sl. 193. – Prosečna neto primarna produktivnost raznih ekosistema (kcal/m²/god).
(modifikovano: Miller, 2007)

Organske materije proizvedene fotosintezom može iskoristiti sama biljka-proizvođač za vlastiti metabolizam i rast, može ih sačuvati u vidu skroba koji će biti hrana heterotrofima (biljojedim potrošačima), ili prepustiti razgradnji do jednostavnih neorganskih materija bakterijama i gljivama (sl. 192). **Neto primarna produkcija** (NPP) je mera u kojoj producenti koriste fotosintezu da deponuju energiju umanjena za količinu koju oni sami potroše u respiraciji.

Heterotrofni organizmi (skoro sve životinjske vrste) ne mogu sami da sintetišu organska jedinjenja, već se hrane primarnom biljnom proizvodnjom ili drugim životinjama. Ta-



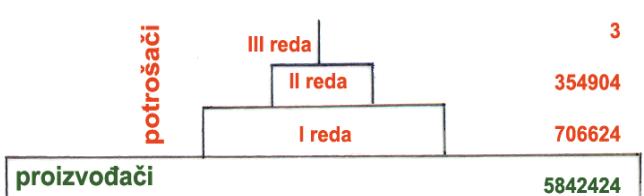
Sl. 194. – Osnovni delovi lanaca ishrane.
Strelica pokazuje glavne puteve organske materije.

ko Sunčeva energija ugrađena fotosintezom u hemijsku energiju organskih jedinjenja postaje izvor za heterotrofe (sl. 192). Heterotrofi koji se hrane samo biljkama su **biljojedi** (biljožderi). Manja grupa **primarnih potrošača** su biljni paraziti (sl. 194). Primarni potrošači iz složenih komponenti biljne mase (uzetih kao hrana) produkuju (u svom telu, metabolički) nove (još složenije) organske materije, koje se u obliku mesa, masnog tkiva i dr. javljaju kao nova vrsta hrane za **sekundarne potrošače (mesoždere)**. U procesu potrošnje hrane postoji još nekoliko grupa potrošača. **Svaštojedi** (svežderi ili **svaštojedi**) su polifagi potrošači koji menjaju hranu zavisno od uslova, pa se mogu hraniti i biljkama, i primarnim i sekundarnim potrošačima. Čovek kao vrsta pripada ovoj kategoriji. **Tercijarni potrošači** se hrane sekundarnim potrošačima. To su vruhunske grabljivice (jastreb, krokodil, štuka, pirane i dr.). **Strvinari** (hijena, šakal, sup, orlovi-lešinari i sl.) su specifična kategorija potrošača. To su, zapravo, grabljivci koji se hrane rasplim uginulim životinjama i ostacima plena koji su ulovili pravi grabljivci (mesožderi, karnivori, tj. predatori). Strvinari su važni činioци ekosistema, jer povećavaju iskorišćavanje organske materije preostale nakon hranjenja sekundarnih i tercijarnih potrošača. U potrošače se mogu ubrojati i **životinjski paraziti**. Biljke poluparaziti (poput imele, sl. 102b) su ostale autotrofne, dok životinje paraziti koriste gotovu hranu od domaćina (sl. 194).

Brzina kojom se u potrošačima formiraju rezerve energije (proizvodi organska materija) predstavlja **sekundarni produktivitet**.

Krug prehrambenih lanaca zatvaraju razgrađivači organske materije – mikroorganizmi i gljive (sl. 194). Oni pripadaju kategoriji **saprofita**, jer organske materije nisu proizvoda, odbačenih delova ili uginulih biljaka i životinja (ali i mikroorganizama i gljiva) razlažu do neorganskih, koje su izvor za novu primarnu organsku produkciju biljaka. Zahvaljujući njima se hemijski elementi iz organskih molekula ponovo vraćaju u ekosistem. Inače, razgradnja je sastavni deo fizioloških funkcija kao što su disanje, rad mišića i sl. U principu, dešava se reakcija suprotna fotosintezi. Neke organske materije, poput većine ugljenih hidrata, proteina i lipida, se neprekidno i brzo metabolišu, dok se celuloza, lignin, hrskavica i keratin razgrađuju mnogo sporije.

Navedene kategorije organizama su karike u lancima ishrane (sl. 194). **Lanci ishrane**



Sl. 195. – Piramida brojeva organizama na livadi površine 7400 m²
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1975)

uvek počinju autotrofnim organizmima, a završavaju saprofitima. U vodenim ekosistemima alge i vodeno bilje zauzimaju u lancu ishrane isto mesto kao zeljaste biljke na livadi, ili drveće u šumi. U svakom lancu ishrane je zaokružen protok materije i za nju vezane energije. Organizmi su u lancu raspoređeni prema telesnim težinama i dimenzijama. Na po-

četku su, uglavnom, sitne biljke, a pri kraju korisničkog niza krupne grabljinice. Međutim, ima gigantskih biljaka, a i mesožderi ne moraju biti krupni, pa redosled organizama po veličini nije uvek gradacijski. Ipak, među članovima lanaca ishrane važi brojčano pravilo da ih (ako izostavimo praktično neprebrojivu kariku tazlagača) najviše ima na početku, a najmanje na kraju lanca.

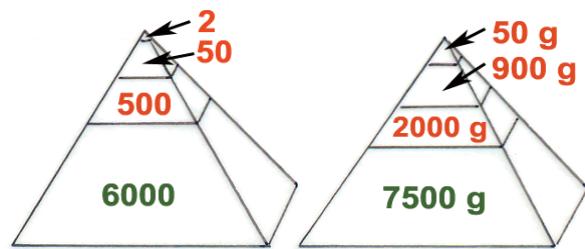
Trofički lanci mogu biti vrlo pregledno grafički prikazani **trofičkim piramidama**. To su slikoviti dijagrami koji pokazuju strukturu i tok svakog prehrambenog stupnja i svake grupe organizama u prehrambenom lancu. Široku osnovnu stepenicu piramide predstavljaju biljke; sledeći je stepenik biljojeda, a potom mesojeda, pa grabljinaca. Piramide mogu biti piramide **brojeva** (jedinki) ili **biomase** (sl. 195 i 196). Veličina svakog narednog stepenika je manja, jer je broj organizama (ili njihova ukupna biomasa) sa svakim trofičkim nivoom sve manji. Na primer na livadi površine 7400 m² je prebrojano 5.842.424 zeljastih biljaka (sl. 195). Njima se hrani skoro osam puta manji broj (706.624) životinja, koje su, pak, hrana za 354.904 jedinki mrava, pauka i dr. sitnih mesojeda, a ovi su izvor hrane za tri krtice. Paralelno sa smanjivanjem broja organizama na svakom višem prehrambenom nivou smanjuje se količina proizvedene biomase. Npr. piramida biomase na livadi sa samo 6.000 biljaka (ukupne mase 7.500 grama) u sledećem spratu ima 500 zrikavaca ukupne mase 2.000 grama. Oni su izvor hrane za trčuljke (njih 50, ukupne mase 900 grama). Oni mogu prehraniti samo dva grabljinca ukupne telesne mase 50 grama (sl. 196).

Što je više karika u lancima ishrane, tj. članica (vrsta, odnosno populacija) u biocenozama, to je bolje iskoraćenje energije (kaskadno), odnosno veća energetska efikasnost ekosistema i on je stabilniji. U prehrambenim lancima se određeni deo energije dobivene iz hrane gubi u okolini (sl. 192 i 197). Gubitak zavisi od broja potrošača energije, tj. od veličine organske mase koju su sintetisali proizvođači.

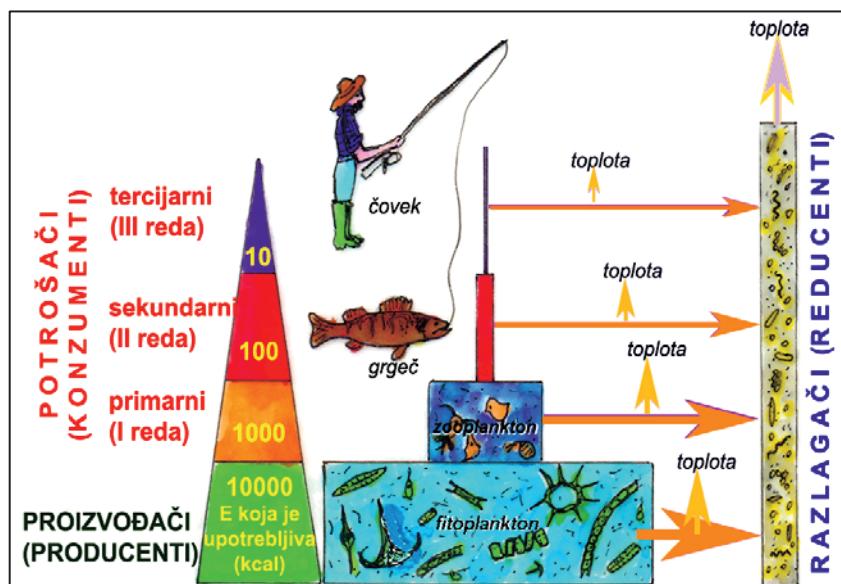
Hladni okeani su, uprkos očekivanju, vrlo produktivni ekosistemi u toku kratkog arktičkog leta. U njima su lanci ishrane vrlo kratki, kako bi se sakupljena Sunčeva energija što pre iskoristila, ali su i tako kratki uspešno isprepleteni u mreže ishrane. Tako je energetska efikasnost ovih ekosistema još više povećana (sl. 198). Slično su i u hladnim kopnenim arktičkim zajednicama lanci ishrane kratki: lišajevi su glavna hrana polarnih biljojeda (sob, severni jelen), a oni grabljivim lisicama i vukovima (sl. 199a).

Lanci ishrane u tropskim krajevima su, na- protiv, veoma razgranati, jer je i produkcija ogromna i permanentna.

Ekosistemi sa jednostavnim prehrambenim

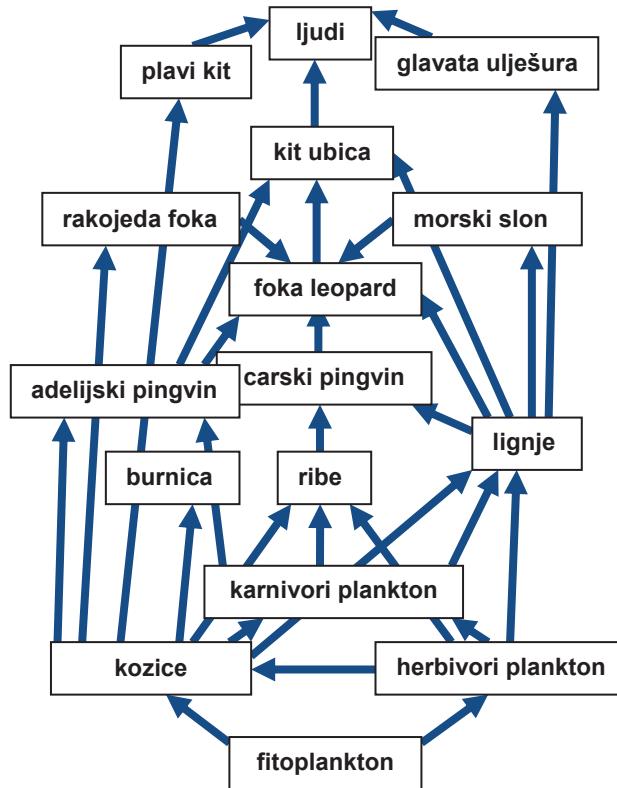


Sl. 196. – Piramida ishrane prikazana kao piramida brojeva (A) i piramida biomase (B).
(modifikovano: Schwerdtfeger, 1975)



Sl. 197. – Ekološka efikasnost ekosistema (piramida energije): procenat korisne energije se prenosi iz jednog u drugi trofički nivo u vidu biomase (prema Miller, 2007)

odnosima, tj. sa malo članica u biocenozi, poput pustinjskih (sl. 199b) su veoma osetljivi. U principu, što je više proizvođača hrane, biće i više potrošača, kao što je u listopadnim šumama ili još jasnije u prašumama (sl. 200).

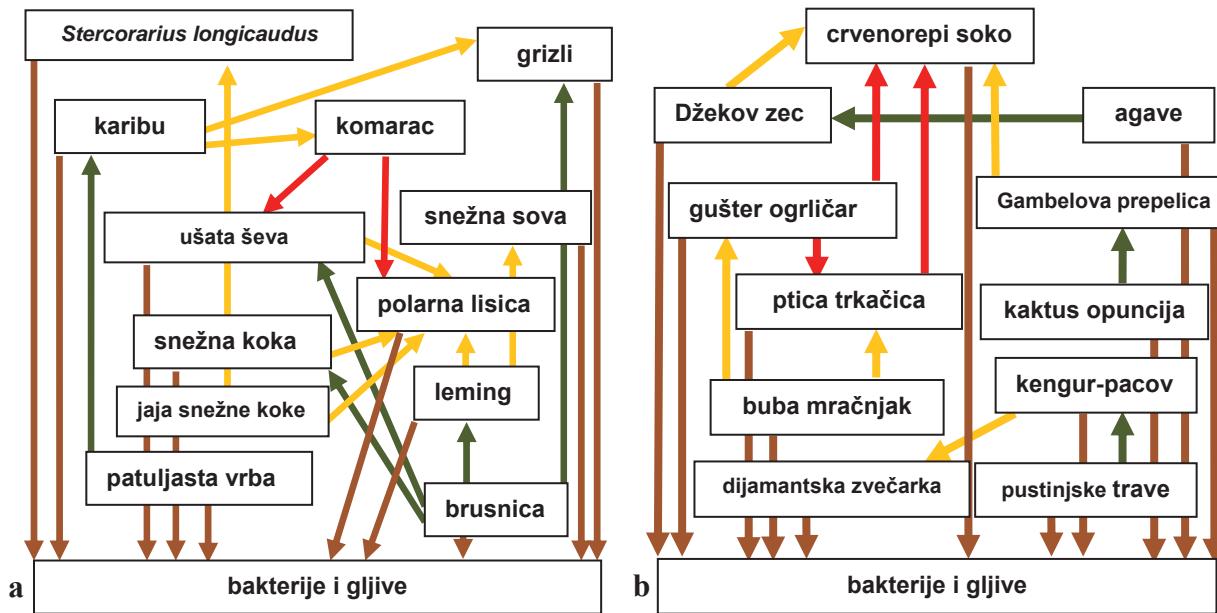


Sl. 198. – Deo mreže ishrane u hladnom južnom oceanu (prema Miller, 2007)

Ekosistemi sa jednostavnim prehrambenim odnosima, tj. sa malo članica u biocenozi, poput pustinjskih (sl. 199b) su veoma osetljivi. U principu, što je više proizvođača hrane, biće i više potrošača, kao što je u listopadnim šumama ili još jasnije u prašumama (sl. 200).

Važno pitanje o odnosima u nekom ekosistemu je njegova efikasnost, tj. stepen iskorišćenosti Sunčeve energije i hrane u lancima ishrane. U tome ključno mesto ima ekološka efikasnost fotosinteze. U prirodnim biocenozama je uglavnom adekvatni broj populacija uključen da se maksimalno iskoristi materija i energija. Mineralizatori konstantno zemljištu vraćaju mineralne materije razgrađujući organske.

Estuari velikih reka (Kongo, Amazon, Dunav) i neki tipovi močvara mogu imati narušen odnos produkcije i potrošnje, tj. previše proizvedene organske materije, pri čemu se javljaju posledice u vidu oslobođanja neprijatnih mirisa (sumpor-vodonika, amonijaka i/ili metana).

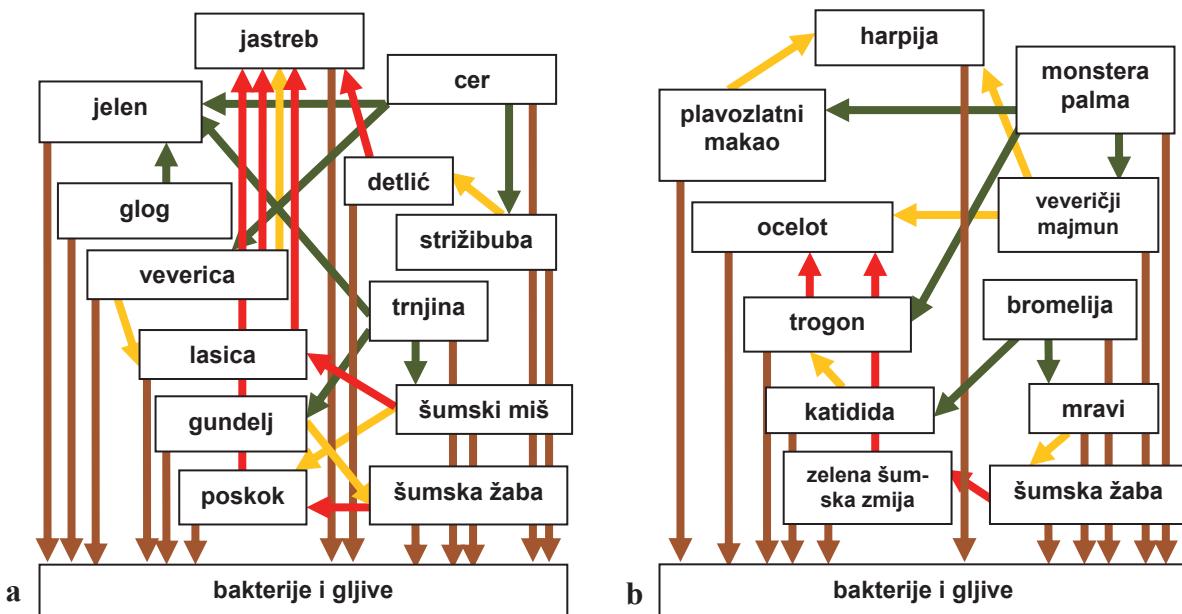


Sl. 199. – Deo mreže ishrane u arktičkoj tundri (a) i američkim peščanim pustinjama (b):

→– odnos producent – konzument I reda; →– konzument I – konzument II reda; →– konzument II reda – konzument III reda; →– svi producenti i konzumenti – reducenti (prema Miller, 2007)

Efikasnost pustinjskog ekosistema je vrlo niska (produktivnost iznosi svega 3 gr suve materije po m²), ali on dobro funkcioniše – nema smrada koji bi ukazao na nesposobnost sistema da iskoristi proizvedenu materiju.

Ako iz odnosa polifagije stabilnog sistema isključimo jednu vrstu, njeno mesto će ubrzano zauzeti druga. Drugim rečima, biocenoza je veoma žilava, sposobna da se menja, adaptira. Ova sposobnost je utoliko veća ukoliko biocenoza ima više članica, tj. više vrsta.



Sl. 200. – Deo mreže ishrane u listopadnoj hrastovoj šumi (a) i prašumi (b):
 ➔ – odnos producent – konzument I reda; ➤ – konzument I – konzument II reda; ➡ – konzument II reda – konzument III reda; ➞ – svi producenti i konzumenti – reducenti (prema Miller, 2007)

Ukupna godišnja produktivnost Svetskog mora je oko 30 milijardi tona organske materije, a kopnenih ekosistema 53 milijarde tona.

Slični ekosistemi se mogu objediniti u veće sisteme - **biome** (tj. **predele**, poput tajge, mora ili okeana), **biohore** i **životne oblasti**.

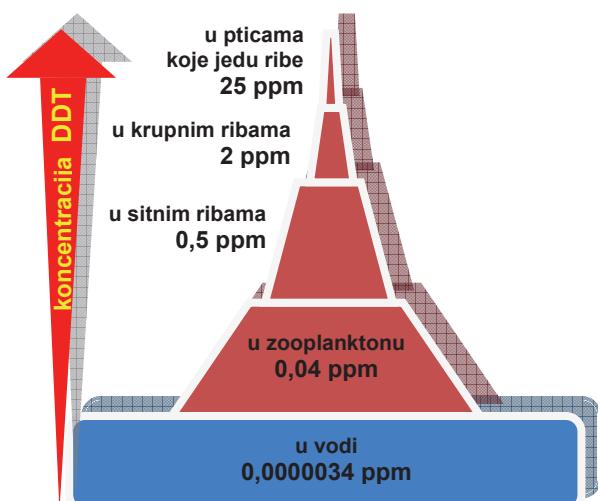
7.1.2. Zakonitosti funkcionisanja ekosistema

U ekosistemu je zatvoren ciklus kruženja materije, a energija kroz njega protiče (pošto je porekлом od Sunca, tj. je van zemaljskih ekosistema). Mineralna materija se prevodi u organsku, a i energija porekлом od Sunca takođe se ugradi u organske molekule. Na svakom trofičkom stupnju koristi se deo po deo i materije i energije. U tom procesu postoji izvesna pravila. Nikada se ne iskoristi sva energija, već se redovno jedan deo gubi (sl. 192 i 197). Jeden deo se ugrađuje u organizam, drugi deo koristi za kretanje i disanje, a treći se iz organizama odstranjuje defekacijom. Energija koja je inkorporirana u telo postaje izvor sledećem članu u lancu ishrane. I tako dalje, od jedne do druge karike u lancima ishrane, prepletenim u mreže, sve dok se sva početna materija ne razloži na minerale. Ne smemo zaboraviti da je čitava kategorija organizama, grupisanih u prilično duge lance ishrane, upućena da kao izvor hrane koristi tuđe fekalije i odbačene delove ili uginula tela. Ipak, sa svakim stupnjem u prehranbenom nizu entropija (nered i gubici) dolazi do izražaja. Što je sistem stabilniji, sa više korisničkih karika, entropija je manja.

Najmanje efikasni su sistemi iskorišćavanja materije i energije kod najjednostavnijih organizama – bakterija.

Pravilo koncentracije

Kretanja materije u ekosistemu mogu dovesti do koncentrovanja materija opasnih za ljudsko i zdravlje životinja, u delovima sistema za koje nismo ni svesni. Na primer nakon prskanja vinograda organskim sredstvom koje je za čoveka toksično u koncentraciji 0,01 jedinica po litru, a u preparatu je njegova koncentracija deset puta niža, spiranjem sa lišća, koga će u zemlju uneti preparat. Gutajući tle, kišne gliste će u sebe uneti ovu materiju, ali je koncentracija u njima 30 do 40 puta povećana. U telu fazana koji pojede ovakve gliste koncentracija je još veća. Pošto ga lovac ulovi, rizikuje sopstveno zdravlje, jer ta ptica u mesu ima višestruku smrtnu dozu preparata.



Sl. 201. – Biološko uvećavanje koncentracije DDT-ja u piramidi ishrane (prema Miller, 2007)

Ista je situacija sa svim pesticidima, hormonskim preparatima, pa i antibioticima. Zabranjeno je davanje veće količine antibiotika stocu i brojlerima, jer se koncentrišu u mleku i mesu, a mnogi su ljudi alergični na penicilin, dok se od streptomicina može ogluveti.

Zašto dolazi do sve veće koncentracije materija u narednim stupnjevima lanaca ishrane? Organizmi koji se hrane biljem gutaju ogromne količine hrane dnevno, jer je ona niskokalorična. Konzumenti II., III., IV. reda jedu sve kaloričniju hranu, pa im je sve manja količina dovoljna. Kaloričnost podrazumeva i višu koncentraciju svih organskih materija, pa i nepoželjnih. Tako je prelazeći sa jednog na drugi trofički stupanj sve izraženija koncentracija materija.*

Za vreme Drugog svetskog rata je insekticid DDT naveliko korišćen – posipani su ljudi i veš u borbi sa stenicama i vašima. Kasnije je utvrđeno da je to opak otrov. Okrenuti su ugroženi DDT-jem spranim sa kopna. On se koncentrisao u biljnem i životinjskom planktonu, pa u ribama i tako redom do čak 10.000.000 puta u krajnjim konzumentima (sl. 201). Čak je i u pingvinima nađen u veoma visokim koncentracijama, iako njih niko nije zaprašivao!

Očigledno, postižući prividnu trenutnu korist, nesmotrenom primenom hemijskih preparata nanosimo daleko veću štetu prirodnim sistemima jer ne pozajemo dovoljno putanje kojima će ta materija nastaviti kroz mreže ishrane.

7.2. BIOSFERA

Svi ekosistemi na Zemlji su uključeni u jedan globalni planetarni makrosistem – biosferu. Drugačije rečeno **biosfera predstavlja jedinstveni ekosistem**, tj. vrhunsko jedinstvo žive i nežive prirode planete Zemlje. Ona obuhvata čitav naseljeni prostor na Zemlji (gr. bios – život; sphaira – lopta), odnosno donje slojeve atmosfere (10–12 km u vis), tzv. troposferu, hidrosferu do najvećih okeanskih dubina (11 km) i litosferu do dubine 3 km (sl. 202). Ove sredine su međusobno vezane složenim ciklusima razmene materije i energije.

* Kokošje iznutrice, npr., pogotovo jetra, su mesto skladištenja mnogih materija, pa ukoliko nismo sigurni u sistem gajenja životinja pre klanja, ne treba rizikovati, pogotovo hranjenjem dece njima.

I vegetarijanci moraju biti oprezniji, jer oni zbog niže kalorijske vrednosti moraju jesti veće količine hrane, a u biljkama su vrlo koncentrisane mnoge štetne materije primenjivane u procesu njihove proizvodnje, tj. uzgajanja koje je često veštački hemijski pospešivanu.

Pojam "biosfera" je u 1875. g. prvi upotrebio **Edvard Zis** (sl. 5) kao izraz za koncentričnu ljudsku planetu Zemlje koja uključuje čitav živi svet.

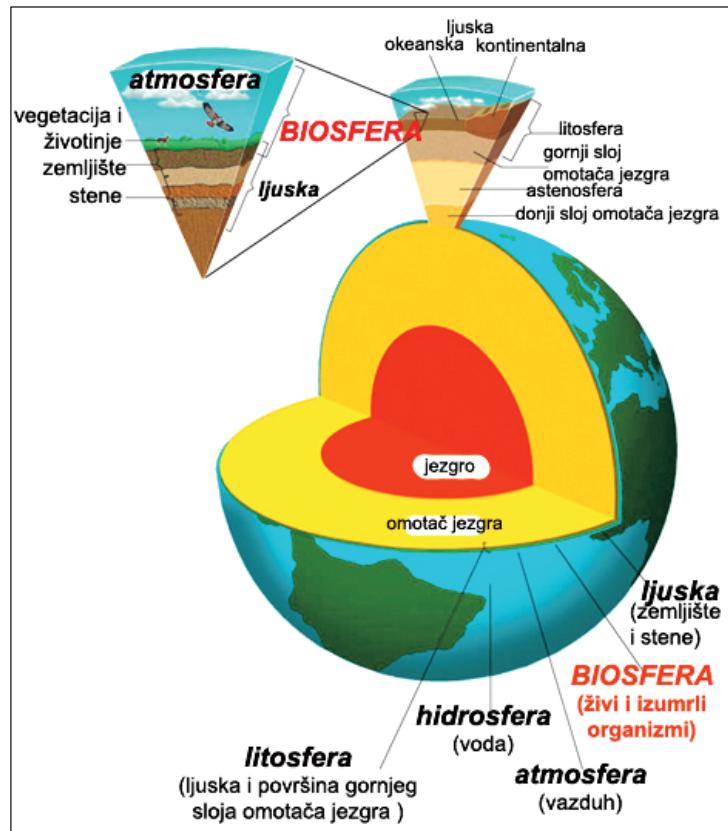
1929. godine je Vernadski (sl. 6) dao veći značaj pojmu biosfere objasnivši je kao jednu od Zemljinih sfera u kojoj se odvijaju složeni procesi objedinjeni opštom istorijom hemije atoma u okviru neorganskog i organskog sveta. Druge geosfere se odlikuju ravnotežom svojstava, pre svega termodinamičkih (temperatura i pritisak), fizičkih (čvrsta, tečna) i hemijskih. U biosferi, međutim, dejstvuju živa bića, koja su i sama specifični sistemi, nezavisni od nje, pa bitno menjaju njenu primarnu ravnotežu.

Bernal (John Desmond Bernal, 1901–1971) se zalagao da se za biosferu po Vernadskom koristi širi pojam – **biogeosfera** ili sinonim **ekosfera**.

Biosfera se formirala u toku geološke istorije Zemlje kao posledica aktivnosti organizama i razmeđene materija između njih i okolne nežive sredine.

Biosfera je sastavljena od različitih ekosistema, koji nisu izolovani, već su, naprotiv, međusobno povezani i često integrисани u kompleksne višeg reda. Npr. ogromni pojas četinarskih šuma na severu Azije i Amerike je tajga i predstavlja kompleks povezanih ekosistema šuma, jezera, reka i dr. On se nastavlja pojasom tundre na severnim, a listopadnih šuma i travnatih stepskih terena na južnim delovima. Takvi krupni kompleksi (pojasevi tundre, tajge, listopadnih šuma i sl.) različitih ekosistema, koji se međusobno prostorno nadovezuju i nalaze se u istom klimatskom području, su istorijske tvorevine. Nazivaju se **biomi** ili **predeli** (sl. 203 i 204).

Mora i okeani su biomni za sebe, prostorno povezani, ali različiti.



Sl. 202. – Biosfera i Zemlja (modifikovano: Miller, 2007)

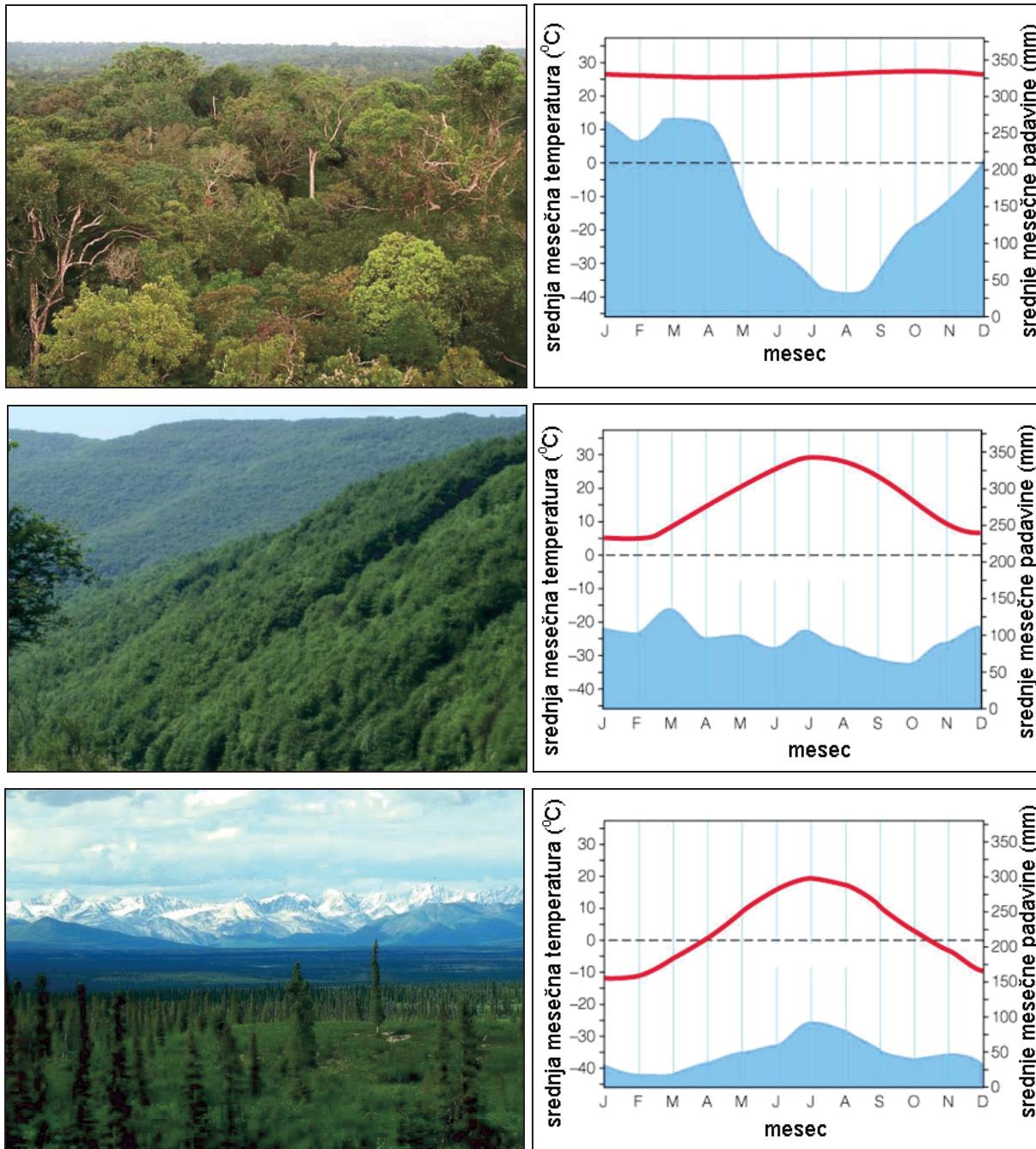


Sl. 203. – Planinski biom – panorama Komova u Crnoj Gori (foto Predrag Stanišić, PD „Žeželj“, avgusta 2005.)

Biosfera sadrži mozaik biotopa različite veličine i prirode. U pokušaju grupisanja sličnih biotopa, prostorno ili vremenski razdvojenih, u više kategorije, formulisane su **biohore**.

Tako su Sahara, Gobi, Namib i druge pustinje ujedinjene u jednu – biohoru pustinja. Geografski, one su udaljene, tj. ne dodiruju se (za razliku od ekosistema u biomu). Zajednička

im je surovost životnih uslova za većinu vrsta, osim specifičnih, upravo na život u njima prilagođenih.



Sl. 204. – Paralelni prikaz šumskih bioma tropskih (brazilska prašuma), umerenih (bukove šume u dolini Dojkinačke reke na Staroj planini) i polarnih područja (tajge na Aljasci) i njihovih klimadijagrama (crveno je srednja mesečna temperatura, a plavo srednje mesečne količine padavina) (modifikovano: Miller, 200; http://www.nasa.gov/images/content/61355main_hanpp_forest.jpg, foto S. Pešić, maja 2009. i http://en.wikipedia.org/wiki/File:Picea_glaucha_taiga.jpg)

Biom i biohore se dalje grupišu u tri glavne životne oblasti ili biociklusa na Zemlji:

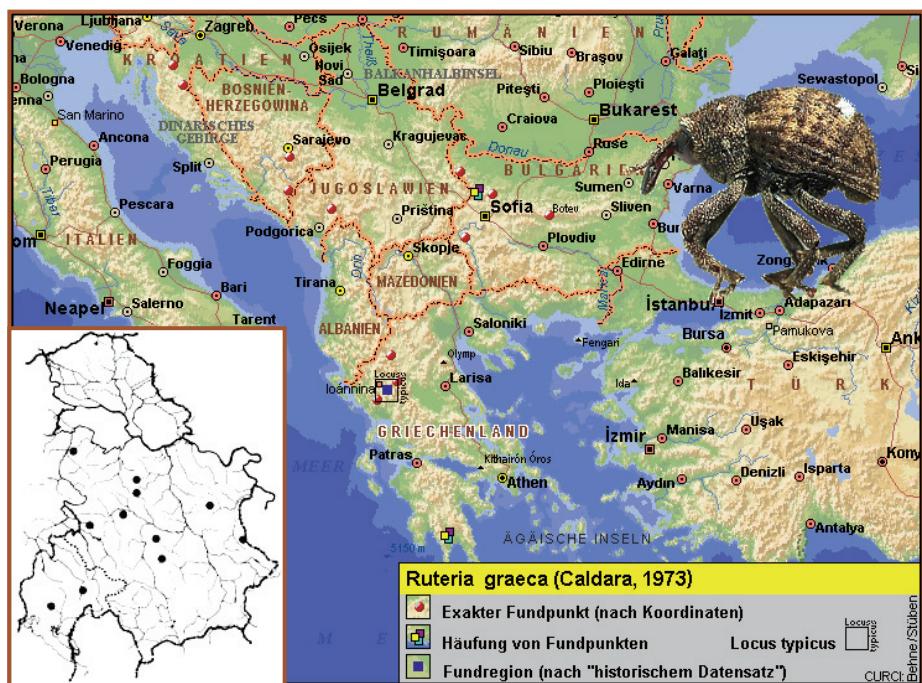
- mora i okeane,
- kopnene vode i
- kopno.

Pitanja za samopроверу znanja:

1. Zašto je ekosistem u osnovici interesovanja ekologa?
2. Kakav je "metabolizam" ekosistema, tj. šta biva sa materijom i energijom?
1. U čemu je razlika između "metabolizma" ekosistema i biocenoze?
2. Šta predstavlja i od čega zavisi produktivnost ekosistema?
3. Objasnite "ekonomiju" ekosistema kroz funkcionisanje njegovih činilaca, tj. mreža ishrane.
4. Biosfera, tj. biogeosfera je živi omotač Zemlje. U čemu je njen značaj za planetu?
5. Po čemu se razlikuju biomi i biohore?
6. Koji su osnovni biociklusi, tj. životne oblasti na Zemlji?



8. Biogeografija



Rasprostranjenje vrste *Ruteria graeca* (Caldara, 1973) endemične za Balkansko poluostrvo [iz Behne L. (2002): Beschreibung zweier neuer Ruteria-Arten aus Griechenland. Snudebiller 3: 226–231] i lokaliteti u Srbiji gde je ova vrsta registrovana [Pešić S., Ilić N. (2010): Missing part of the areal of soil weevil *Ruteria graeca* (Caldara, 1973) (Coleoptera, Curculionidae). Periodicum biologorum, 112 (2): 225-226].

8. BIOGEOGRAFIJA

Mnoge nauke se bave proučavanjem živog omotača naše planete – biosfere. To je sasvim shvatljivo, jer razumna eksploatacija resursa neophodnih čovečanstvu zavisi od njenog poznavanja.

Zajednički rad biologa i geografa je postao obavezan usled nejednorodnosti biosfere uslovljene klimatskim i geografskim faktorima. Tako je nastala **biogeografija** – nauka o životu svetu na raznim delovima Zemljine lopte. Evidentno se razlikuje živi svet u tundri i listopadnoj šumi, npr., ili u pustinji i tajgi, na kopnu i u okeanu, jer su i uslovi za život (ekološki faktori) različiti (sl. 60). Međutim, i oblasti sa sličnom klimom zbog različite geološke prošlosti i istorijata formiranja flore i faune daleko od sličnih prostora mogu imati različito živo naselje (npr. tropске kišne šume u Južnoj Americi, u Africi i Aziji). Drugim rečima, današnji raspored i rasprostranjenje živog sveta na Zemlji je rezultanta savremenih (recentnih) uslova sredine, ali i onih u prošlim epohama razvoja Zemlje, tj. njene lito-, atmo- i hidrosfere.

Zadaci biogeografije su da istražuje raspored vrsta (i drugih taksona) na Zemlji, proučava rasprostiranje florističkih i faunističkih kompleksa, kao i procese raseljavanja i izumiranja vrsta (odnosno procese širenja i smanjivanja areala).

Veze biogeografije i drugih nauka

Veze biogeografije i drugih nauka, prevashodno bioloških, su veoma jake. Biogeografija je najtešnje povezana sa *sistematom* živih bića, jer je geografska izolacija osnov specijacije, odnosno *evolucije* uopšte. Očigledna je i njena povezanost sa *paleontologijom* (naukom o fosilima). Neosporna je uzajamna zavisnost i isprepletenost *ekologije* i biogeografije, a ona podrazumeva i veze sa *klimatologijom*, naukom o predelu (landšaftu, biomu), *geologijom* (sa svim njenim poddisciplinama: paleogeografijom, paleoklimatologijom, istorijskom geologijom i dr.).

Podela biogeografije

Prema objektu se biogeografija može uslovno podeliti na *fitogeografiju* i *zoogeografiju*, mada su evolucija i današnji raspored biljaka i životinja uveliko diktirani istim faktorima sredine. Ipak, mora se priznati, da fitogeografija, kao starija, više koristi zoogeografiji nego što je obratno.

8.1. AREAL

Areal je oblast (deo teritorije ili akvatorije) rasprostranjenja na Zemlji neke biološke vrste ili drugog taksona.

Areal vrste je glavni predmet proučavanja u biogeografiji, jer je vrsta osnovna taksonomska jedinica u biologiji.

U fitogeografiji uglavnom ne postoji problem da se definiše areal. Što se zoogeografije tiče, nema problema ako se radi o sedentarnim (sesilnim) životinjama ili onima koje se premeštaju u okvirima ograničenog prostora. Međutim, postoje životinje koje u raznim periodima životnog ciklusa, ili u raznim sezonomama (godишnjim dobima) menjaju oblast boravka, tj. migriraju čak i interkontinentalno. U pogledu definisanja njihovog areala postoje dva gledišta. Po jednom treba jasno razdvojiti *oblast boravka* (sam areal, tj. prostor gde se vrsta i razmnožava)

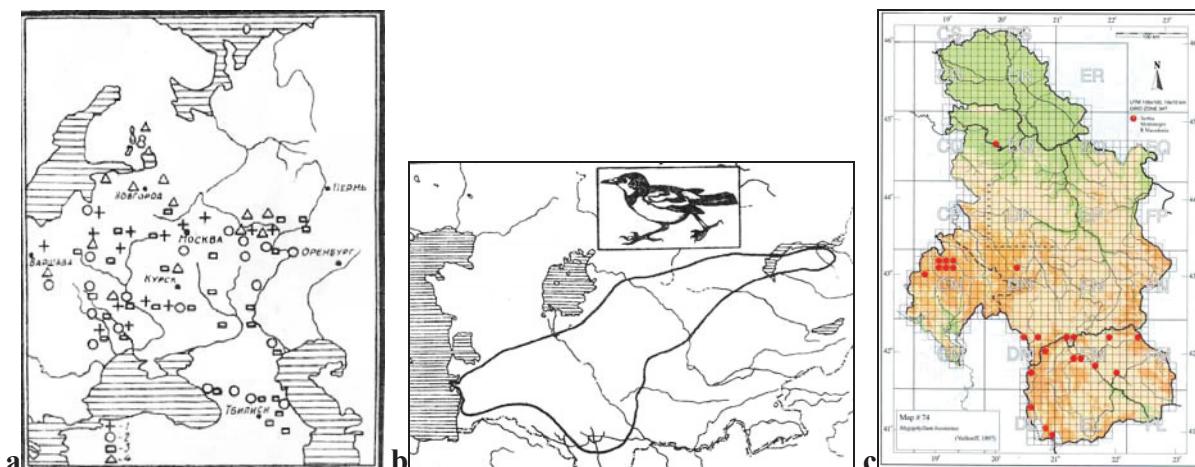
i **oblast gostovanja**, a po drugom areal obuhvata obe ove oblasti (tada govorimo o **složenom arealu**).

Horologija, tj. arealografija, je nauka o arealu.

Areali su se formirali tokom uzajamne evolucije živih bića i njihove životne sredine kroz geološke epohe. Upoređivanjem areala tokom relativno nevelikih vremenskih perioda (10–20 godina) dobija se predstava o njihovom širenju ili smanjivanju. U poslednjem stoljeću čest uzrok ovim promenama jesu antropogena delovanja.

Areal ne treba posmatrati samo kao površinu, već i kao trodimenzionalnu strukturu. Za nomenklaturu areala neophodno je dati tri koordinate, tj. činioca areala: širinski (geografska širina, tj. zona), dužinski (geografska dužina, tj. udaljenost od mora ili okeana) i visinski (vertikalni pojasevi određeni nadmorskom visinom).

Ispravna predstava o arealu konkretnе vrste, kao i upoređivanje areala, mogući su jedino nakon njihovog pravilnog kartografskog prikaza. Najčešće se za **kartiranje areala** koristi *metod tačaka* (na konturnoj karti se tačkama ili drugim simbolima označavaju sva mesta gde je data vrsta registrovana) (sl. 205a). *Konturnim metodom* kartiranja se neprekidnom linijom na karti spajaju krajnje tačke na kojima je registrovana data vrsta i tako, iscrtavaju granice njenog areala (sl. 205b). U poslednje vreme se sve više koristi tzv. *raster metod* (*metod mreže* ili *formalnih kvadrata*), u kojem se konturna karta išpartana na kvadrate stranice 50 km, ili $\frac{1}{4}$ ili $\frac{1}{16}$ geografskog stepena, popunjava polje po polje tako što se polja koja označavaju teritorije na kojima je posmatrana vrsta prisutna boje ili označe odabranim znakom, dok ostala polja ostaju prazna (sl. 205c).



Sl. 205. – Kartiranje areala: a—metod tačaka, b—konturni metod i c—metod mreže (raster)



Sl. 206. – Haterija (tuatara) *Sphenodon punctatus* (Gray, 1842) endemo-relikt Novog Zelanda
(http://tpo.tepapa.govt.nz/Images/Picture/TPO_ALS0320800.jpg)

Areali se razlikuju i po veličini: uskolokalni, lokalni, subregionalni, regionalni, transregionalni (biogeografsko carstvo), poliregionalni i kosmopolitski (čitav svet). U principu, areali morskih vrsta su veći nego kopnenih.

Endemiti su vrste (ili druge taksonomske kategorije) čiji areali ne izlaze van okvira određenog regiona ili njegovog dela. Zavisno od veličine te teritorije može se govoriti o endemima nekog kontinenta, geografske oblasti, ostrva, ali i samo jedne klisure

ili pećine. Na primer *Ruteria graeca* je zemljšni tvrdokrilac rasprostranjen u ograničenom području na Balkansko poluostrvo (pogledati sliku na naslovnoj stranici ovoga poglavlja).

Relikti su vrste koje su već skratile ili upravo skraćuju areale, jer su uslovi sredine prestali da idealno odgovaraju njihovim potrebama. Po starosti, relikti mogu biti drevni [novozelandska haterija (sl. 206) se nije menjala od mezozoika] ili mlađi [iz perioda glacijacija, poput Pančićeve omorike *Picea omorika* (Panč.) Purk. (sl. 207)^{*}].

8.2. FLORA, VEGETACIJA I FAUNA

Flora predstavlja popis biljnih vrsta na jednoj teritoriji. **Vegetacija** se zasniva na flori, a uključuje i sve ekološke korelacije među biljkama, biljne zajednice i aspekte. Drugim rečima, vegetacija predstavlja floru u datom predelu (landšaftu, tj. biomu).

Flora i vegetacija su elementarni termini u fitogeografiji.

Fauna predstavlja skup životinjskih vrsta koje naseljavaju neku oblast. Za razliku od botanike gde se razdvajaju pojmovi flora i vegetacija, u zoologiji postoji samo jedan izraz kao pandan za oba ova – fauna. Drugim rečima, fauna je istovremeno i popis svih životinjskih taksona (vrsta, rodova, familija itd. do filuma) na nekom području i eko-korelacija među njima.

Zbog ogromne raznovrsnosti životinjskih vrsta koje nastanjuju čak i neveliki i u ekološkom smislu jednolični region sa jedne strane, i nedostatka naučnika sistematičara-specijalista za sve te vrste sa druge strane, u praksi se istraživanja uglavnom ograničavaju na izučavanje jedne ili nekoliko grupa životinja. Tako su se pojavili termini „ornitofauna“ (fauna ptica), „ihtiofauna“ (fauna riba), „entomofauna“ (fauna insekata), čak i „mirmekofauna“ (fauna mrava) itd.

Pored toga, termin fauna je i geografski ograničen (fauna datog kontinenta, fauna određenog ostrva, države i sl.). Nije ispravno govoriti o fauni jedne livade, jezera, močvare, šume, izuzev ako nije u pitanju unikatni topografski objekat, poput Bajkalskog jezera.

Fauna je osnovni termin zoogeografije.

Geografska struktura flore i faune podrazumeva analizu odnosa **autohtonih** (poniklih u okvirima proučavane teritorije) i **alohtonih** (doseljenih iz drugih regionalnih) vrsta u dатој fauni. **Progresivnim vrstama** odgovaraju savremeni uslovi sredine. Njihovi areali se šire. Većina vrsta u flori i fauni je **konzervativna**, tj. u relativnoj je ravnoteži sa sredinom, a njihovi areali se ne povećavaju, niti smanjuju.



Sl. 207. – Omorika

Picea omorika (Pančić) Purk. 1887
endemo-relikt Balkanskog poluostrva
(http://www.nptara.rs/baza/flora_data.php?id=2)

* Srpska smrča ili Pančićeva omorika je reliktni četinar iz vremena pleistocena. Pančić ju je otkrio 1875. godine na lokalitetu Vis kod sela Zaovine na planini Tari (to je tzv. locus typicus), a 1887. je i opisao kao vrstu novu za nauku nakon dobijenog mišljenja znamenitog botaničara Purkinjea. Danas je ova vrsta endemična jer joj je rasprostranjenje ograničeno na samo 60 hektara na nekoliko lokaliteta u dolini Drine na istoku Bosne (između Višegrada, Rogatice i Srebrenice, kao i Foče i Kalinovika) i na zapadu Srbije (na planinama Tara i Zvijezda, i u kanjonu reke Mileševke kod Prijepolja).

** *Fungia* bi bio adekvatan pandan nazivu fauna, a vezan za makrogljive. Retko se koristi.

8.2.1. Ostrvska flora i fauna

Ostrva interesuju biologe zbog relativne jednostavnosti strukture njihovih biocenoza i trofičkih veza među vrstama, sa jedne strane, ali i zbog neobičnih oblika života, tj. specijacije, sa druge.

Ostrva u svetskom okeanu su dvojaka po poreklu – **okeanska** (nikada nisu pripadala kontinentu, a formirana su tektonskim podizanjem dna okeana, erupcijama podvodnih vulkana ili taloženjem kalcijum-karbonata usled aktivnosti korala) i **kontinentalna** (nekada su bila deo kontinenta).

Bez obzira na to koji je tip ostrva u pitanju, flora i fauna na njemu imaju tzv. ostrvski karakter, tj. imaju kao osnovne odlike:

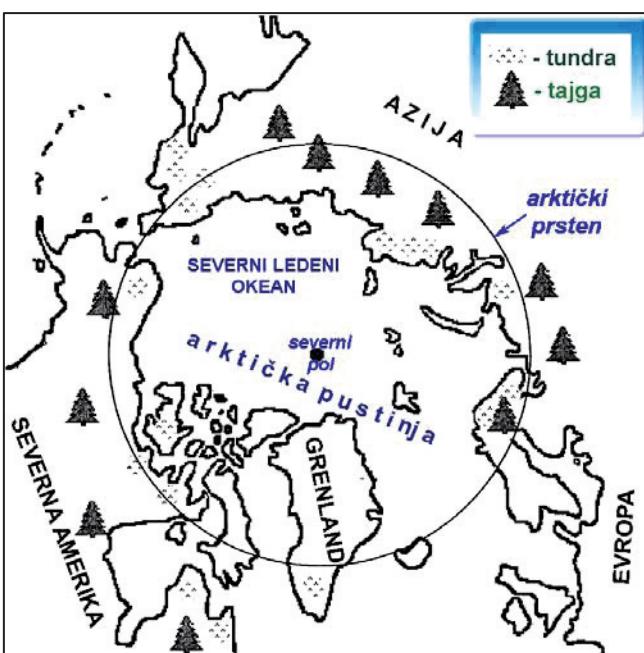
- siromaštvo i defektnost,
- izraženi endemizam,
- ograničeno prisustvo arhaičnih formi i
- adaptivnu radijaciju (evolucija i specijacija) manjeg broja endemičnih grupa.

Prema objektu istraživanja biogeografija se može uslovno podeliti na **fitogeografiju** i **zoogeografiju**.

8.3. FITOGEOGRAFIJA (GEOGRAFIJA BILJAKA)

Biomi su na Zemlji raspoređeni zonalno, jer prate klimatske pojaseve (sl. 60). Od polova ka ekuatoru srednja godišnja temperatura raste na svakih 100 km za oko $0,5^{\circ}\text{C}$, što je osnova za smenu klimatskih zona po geografskoj širini (sl. 41). Slično tome, idući od podnožja ka vrhovima planina, temperatura sa svakih 100 m nadmorske visine opadne za oko $0,5^{\circ}\text{C}$, pa postoje i visinski klimatski pojasevi. Ovakve klimatske zone (sl. 41) su diktirale i zoniranje vegetacije (sl. 89 i 90), a time i kopnenih bioma (sl. 60).

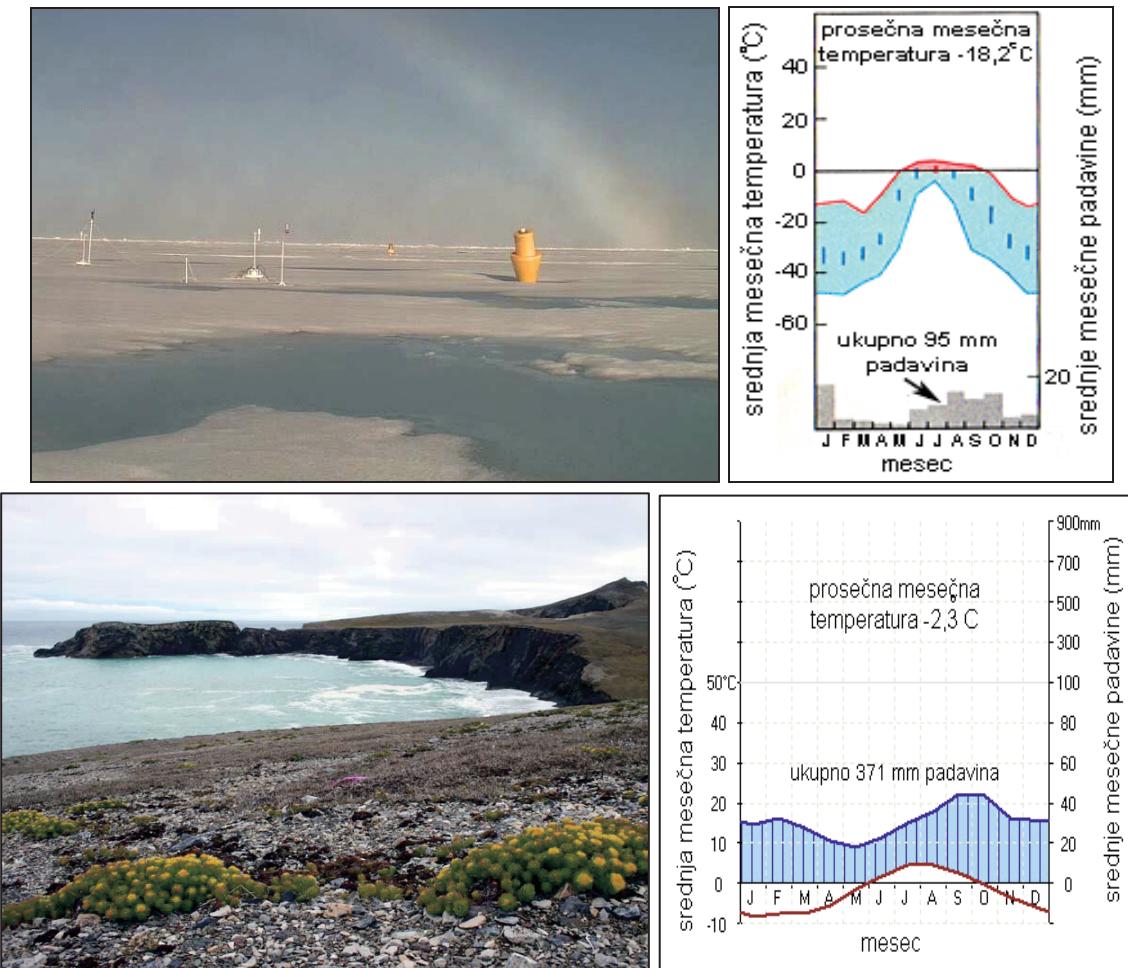
Neposredno oko Severnog i Južnog pola su, u peripolarnim oblastima većitog leda i snega, **hladne arktičke pustinje**, sa izrazito oskudnim biljnim i životinjskim svetom (sl. 208 i 209).



Sl. 208. – Zonalni raspored arktičkih predela oko severnog pola (modifikovano Wharton, 2002)

Severna polulopta ima više kopna, pa su zone izrazitije nego na južnoj. Na severu Evrope, Azije i Severne Amerike cirkumpolarno se prostire **tundra** – biom sa fitocenozama bez drveća (dominiraju žbunići patuljaste vrbe, mahovine i lišajevi) (sl. 208 i 209). Na južnoj granici tundra, takođe cirkumpolarno, prelazi u **četinarske šume – tajge** (sl. 204), a one dalje ka jugu u prikeanskim oblastima prelaze u **listopadne lišćarske šume** (Zapadna i Srednja Evropa, Kina i Severna Amerika), a dublje u unutrašnjosti kontinenata u **stepe**. Još dublje u unutrašnjosti kontinenata, naročito u suptropskim oblastima (oko povratnika) je zona **polupustinja** i **pustinja** (sl. 210). U suptropima uz okeane raste suptropska zimzelena vegetacija (npr. u Mediteranu, u Kaliforniji i Floridi). U tropskim predelima (pojas od ekvatora do povratnika) dublje u kontinentima

(gde je izrazita letnja suša) polupustinje i pustinje prelaze u **savane** (sl. 210), a u maritimnim područjima nalaze se **ekvatorijalne kišne šume** [Amazon u Brazilu (sl. 204), Malajski arhipelag, područje Konga i Velikih jezera u Africi].

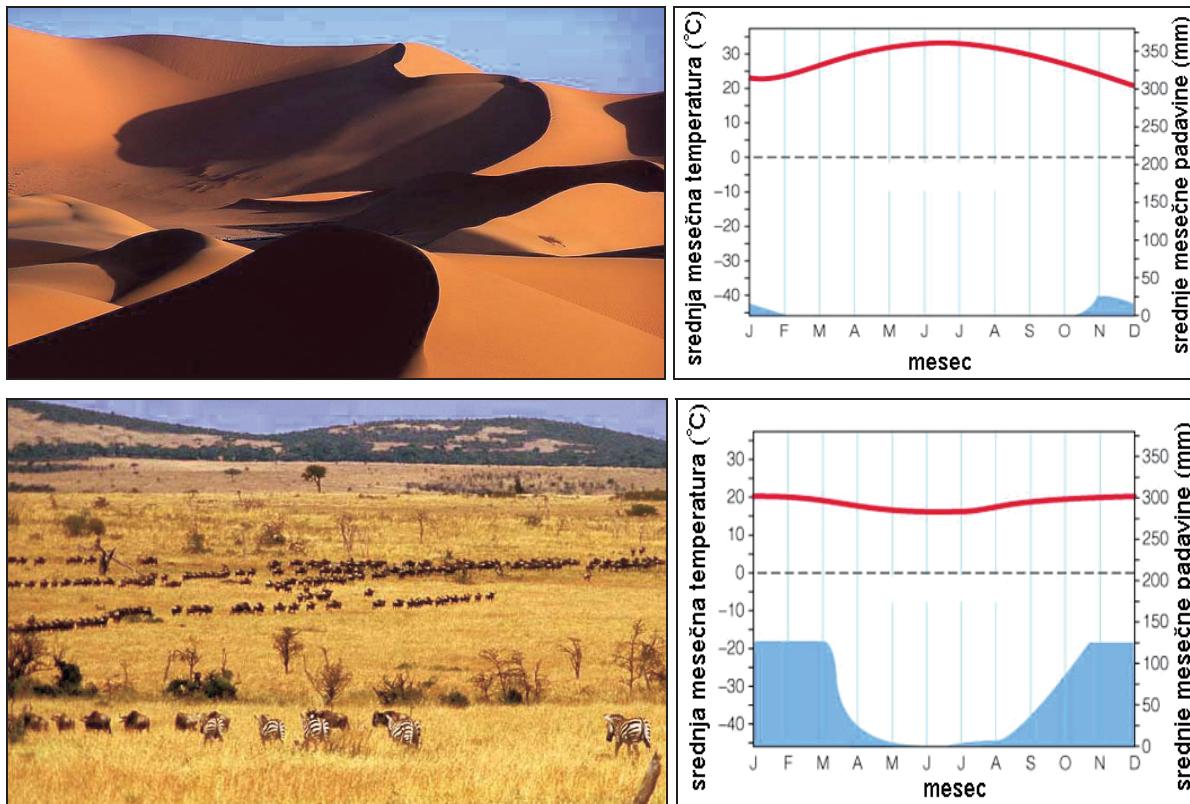


Sl. 209. – Paralelni prikaz bioma polarne pustinje (fotografija od 5. jula 2010. i podaci sa meteorološke stанице br. 7, blizu severnog pola) i tundre u Švedskoj (Ostrvo medveda - Björnöya) i njihovih klimadijagrama (<http://www.arctic.noaa.gov/npole/2010/images/noaa2-2010-0705-073421.jpg> , <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/ArcticStationClimatologies.png> i <http://cruise-handbook.npolar.no/en/bjornoya/vegetation.html>)

Južna polulopta Zemlje takođe ima horizontalno klimatsko i vegetacijsko kopneno zoniranje, ali je slabije izraženo jer ima manje kopna nego na severnoj (sl. 89).

Horizontalnom zoniranju vegetacije po geografskoj širini, na planinama odgovara visinsko, tj. vertikalno zoniranje. Što je planinski masiv bliži ekvatoru i viši, to više visinskih pojaseva ima. Po pravilu, planinski masiv na severnoj polulopti ima onoliko visinskih pojaseva koliko ima horizontalnih vegetacijskih zona od njegove geografske širine do Severnog pola. Dakle, ako je planina u zoni tundre, onda ona ima svega dva vegetacijska pojasa – u podnožju pojasa tundre i pojasa ledene pustinje iznad nje. Na Andima se razlikuje 12 visinskih vegetacijskih pojaseva. Na planinama u području listopadnih lišćarskih šuma od podnožja ka vrhu se smenjuju pojasa listopadnih šuma (prvo termofilnih hrastovih, a iznad njih mezofilnih bukovih), pojasa četinarskih šuma (on se završava prelaznim pojasmom čestara, od četinarskih žbunova i bora krivulja), iznad je pojasa alpske vegetacije, a na vrhovima pojasa hladne planinske pustinje.

Sva do sada ovde opisana vegetacija, koja ima karakter zone ili pojasa se naziva **zonalna vegetacija**. Ona je opšta, tj. svojstvena određenoj klimatskoj oblasti (**klimatogena**).



Sl. 210. – Paralelni prikaz bioma peščane pustinje i savane i njihovih klimadijagrama
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Desert.jpg> i <http://bioap.wikispaces.com/Ch+50+Collaboration>; prema Miller, 2007)

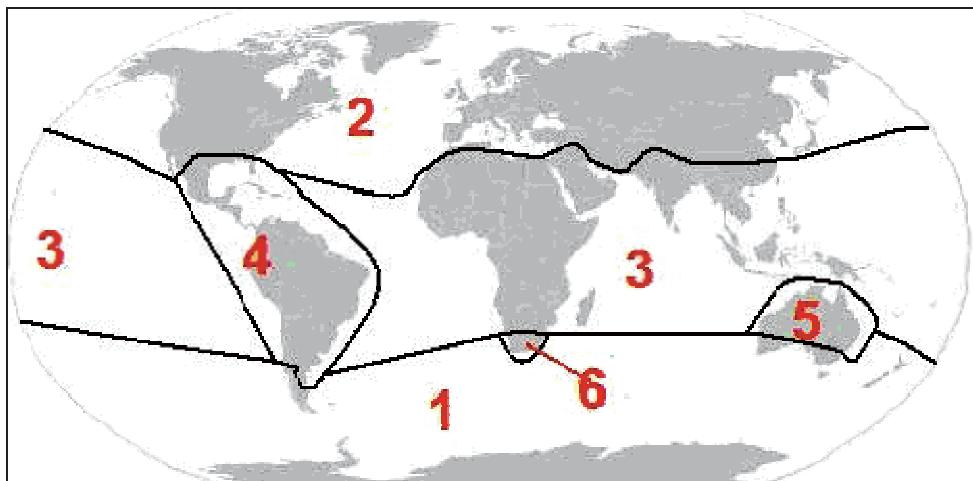
Međutim, na pojednim mestima klimatski uslovi variraju unutar zone zbog reljefa, ekspozicije, nagiba i dr. Vegetacija koja obrazuje biljni pokrivač na ovakvim staništima, tj. koja nije odraz makroklima, može biti intrazonalna, azonalna ili ekstrazonalna.

Intrazonalna vegetacija ne formira sopstvenu vegetacijsku zonu, već je umetnuta u klimatogenu. Vegetacija zaslanjenog zemljišta se tako npr. umeće u stepsku i zonu polupustinja, vegetacija tresava u zonu četinarskih šuma. Već iz ovih primera je očigledno da je svaka intrazonalna vegetacija vezana za određenu zonalnu.

Ekstrazonalna vegetacija je ona koja izlazi iz okvira zonalne vegetacije i javlja se u susednim zonama (južno od svoje zone nalazi se na severnim padinama, a kada je severno od svoje zone onda se ona nalazi na južnim padinama). Tipičan primer su fragmenti stepske vegetacije u zoni listopadnih šuma.

Azonalna vegetacija se javlja u svim vegetacijskim zonama. Takva je, recimo, vegetacija livada, rečnih dolina, niskih močvara, bara i sl. Nju određuju lokalni uslovi, a prvenstveno hidrološki.

Fitogeografija osim vegetacijskog pristupa, koji je izložen, ima i pristupe podeli kopnenih masa sa aspekta jednog taksona kada je on kosmopolitski rasprostranjen. Tako npr. postoji **briogeografija** – nauka o biogeografskoj rejonizaciji na bazi prisustva mahovina (Bryophyta). Po njoj postoji šest carstava (sl. 211). Na krajnjem jugu planete je **Holantarktičko carstvo** (1) koje čine Novi Zeland, subantarktička ostrva, delovi Antarktika, Australije i Južne Amerike. Na suprotnom kraju Zemljine kugle je **Holarktičko carstvo** (2) u koje ulaze umerena i borealna zona severne polulopte. Između ova dva je treće, **Paleotropsko carstvo** (3) koje sačinjavaju tropski i južni umereni delovi Afrike i Azije. Ova tri carstva se u vidu prostranih prstenova protežu u smjeru istok-zapad. Naredna tri carstva su, naprotiv, umetnuta. U meridionalnom pravcu, od severa ka jugu se prostire **Neotropsko carstvo** (4) koje obuhvata Centralnu I Južnu Ameriku. Kontinent Australija, izuzev južnog dela (koji pripada Holantarktiku), čini **Australijsko carstvo** (5), a južni delovi Afrike **Južnoafričko** (6).



Sl. 211. – Briogeografska podela sveta na carstva: 1–Holantarktičko, 2– Holarktičko, 3–Paleotropsko, 4–Neotropsko, 5–Australijsko i 6–Južnoafričko
 (<http://www.anbg.gov.au/bryophyte/bryogeography-a-intro.html>)

8.4. ZOOGEOGRAFIJA (GEOGRAFIJA ŽIVOTINJA)

Zoogeografija (geografija životinja) proučava rasprostranjenje životinja na Zemljinoj kugli i otkriva njegove osnovne zakonomernosti. Osnovni objekat zoogeografije je fauna, a osnovni termin areal.

Složeni areal jedne vagilne (pokretne) životinjske vrste se može podeliti na više **oblasti: razmnožavanja, prezimljavanja, ishrane i migracioni put**.

Zoogeografsko istraživanje prolazi tri etape, koje su, zapravo, i naučne discipline:

- **registrovanju (opisu)** – pri proučavanju ma kog faunističkog kompleksa najpre se evidentiraju sve vrste koje ga čine,
- **uporednu** u kojoj se poredi data sa susednim ili udaljenim faunama i definišu njene specifičnosti, i
- **kauzalnu** koja otkriva razloge za određen sastav faune i njene originalne crte.

Svaka fauna ima svoju istoriju. **Faunogeneza** je proces formiranja faune. Nekada traje izuzetno dugo. Genetička (istorijska) zoogeografija se bavi upravo ovim procesom, oslanjajući se na geologiju, paleogeografsku i evoluciju.

Osnovna svojstva faune su:

- njen kvalitativni sastav (broj i popis vrsta),
- ekološka svojstva vrsta (životne forme),
- veze sa drugim faunama (sličnosti) i
- stepen samostalnosti (prisustvo endema i njihov taksonomski rang).

Strukturu faune odslikava sistematska pripadnost vrsta koje je čine. Zbog nepotpunih spiskova faune, posebno beskičmenjaka, najčešće se radi samo sa najproučenijim grupama (uglavnom sisari, ptice i slatkvodne ribe).

8.4.1. Principi i metodi zoogeografskog rejoniranja

Najvažniji zadatak sistematske zoogeografije je određivanje regiona kopna i okeana po sastavu njihove faune. Zoogeografsko rejoniranje treba da odrazi sličnosti i razlike upoređivanih fauna, da ih oceni po kvantitativnim parametrima i odredi kuda prolaze granice između njih. Korišćenje podataka o rasprostranjenju većeg broja raznovrsnih grupa (ne samo si-

sara i ptica, kako su ranije zoogeografi najčešće radili), raznovrsnih i taksonomski i ekološki, veoma doprinosi preciznosti u rejoniranju.

Zoogeografsko rejoniranje može imati dva pristupa: *faunogenetički* (endemi i relikti su glavni determinatori granica faunističkih rejona) i *landšaftno-zonalni* (zonalno-klimatski; zasniva se na celokupnosti životinjskog sveta u jednom predelu, tj. povezanog zajedničkim staništima i biljnim zajednicama). Granice regiona izdvojenih po ovom principu se mogu poklopiti (npr. arktička fauna Holarktika, jer se podudaraju arktička fauna i polarni rejoni tundre). Međutim, već u prvim južnjim oblastima javljaju se velike razlike.

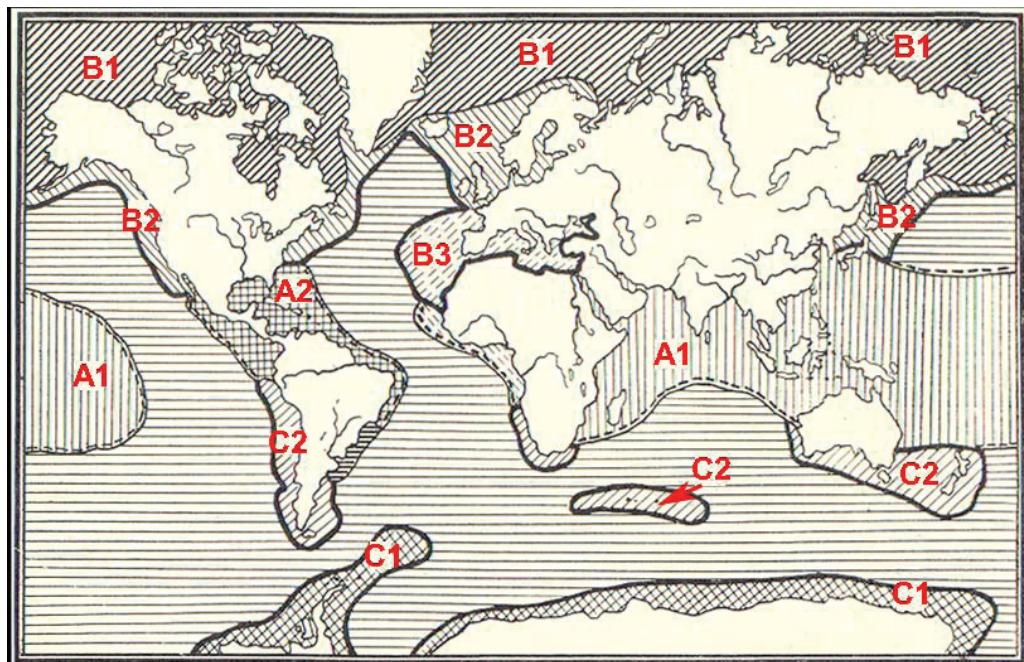
8.4.2. Zoogeografska podela Svetskog okeana

Uslovi za život u moru su određeni vertikalnim raščlanjenjem ovog biociklusa (sl. 100), kao i prisustvom ili odsustvom supstrata za pričvršćivanje. Drugim rečima, bitno su različite prilike u litoralnoj i pelagijalnoj zoni, pa većina zoogeografa odvojeno tretira rejoniranje faune litorala i pelagijala.

8.4.2.1. Faunistička podela litorala

Litoral predstavlja najpliće delove Svetskog okeana (pojas različite širine na granici kopna i mora, dubine do 200 m). Naselje je veoma bogato i raznovrsno. Njegov kvalitativni sastav zavisi od geografske pozicije, ali i tipa podloge (sl. 100 i 101).

U svetu se u litoralu jasno izdvajaju tri faunistička regiona (**Tropski**, severno od njega **Borealni**, a južno **Antiborealni**), sa po više oblasti i podoblasti (sl. 212).



Sl. 212. – Faunističko raščlanjenje litorala Svetskog okeana (iz Delatina, 1967):

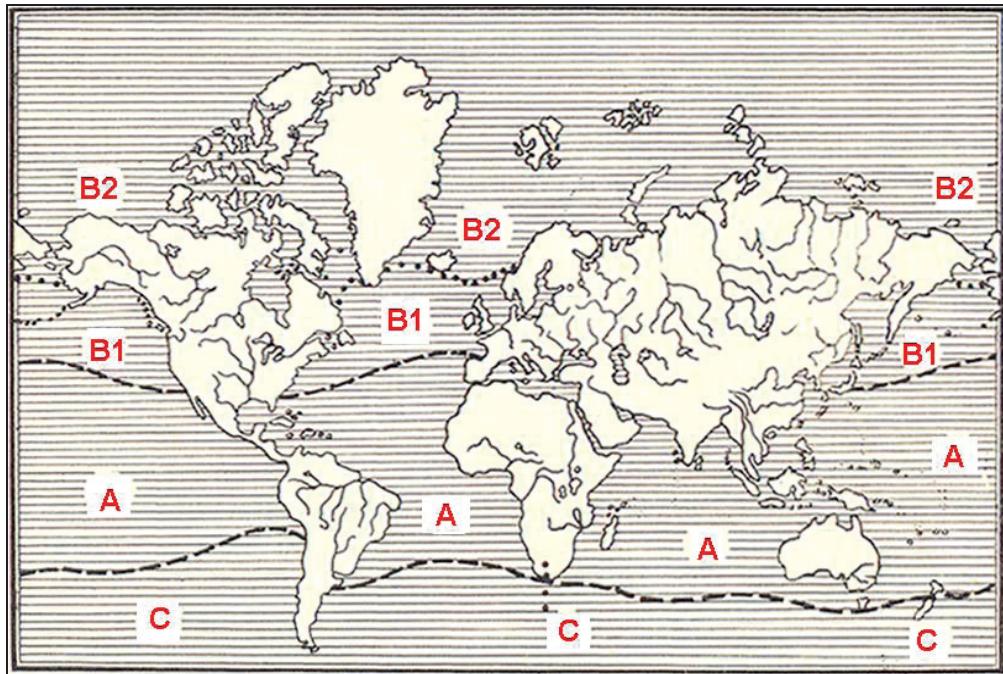
Tropski region: A1–Indo–Pacifička oblast; A2 – Tropsko–Atlantska oblast;

Borealni region: B1–Arktička oblast; B2–Boreo–Pacifička oblast; B3–Boreo–Atlantska oblast;

Antiborealni region: C1–Antarktička oblast; C2–Antiborealna oblast (prema Lopatin, 1995)

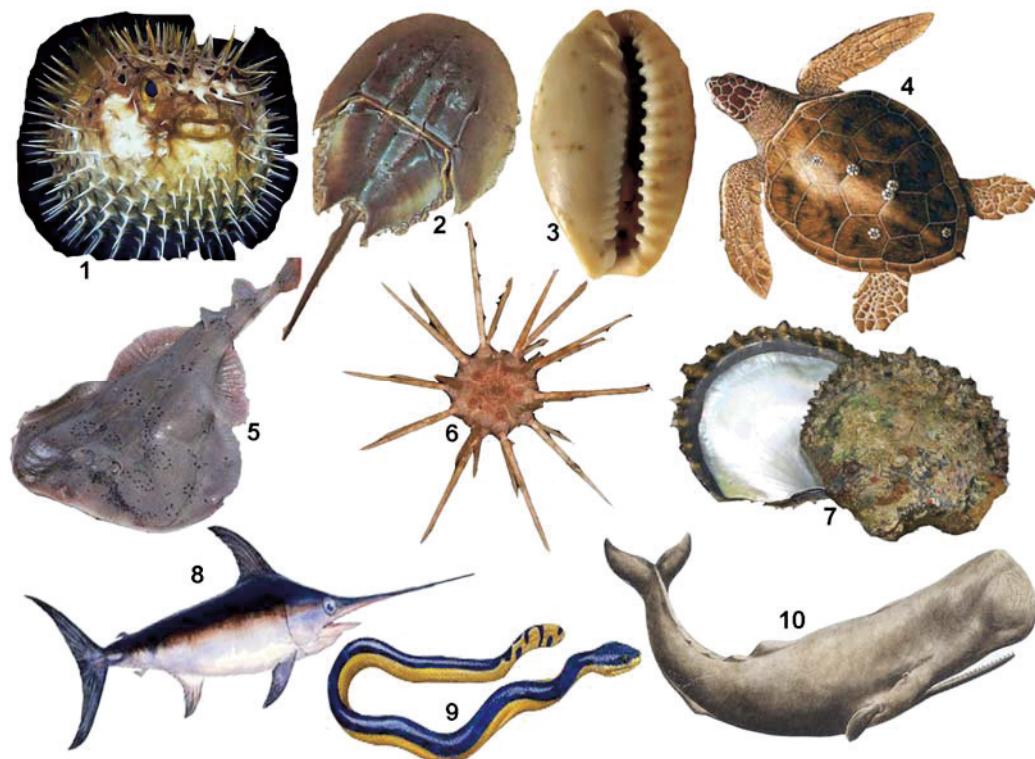
8.4.2.2. Faunistička podela pelagijala

Otvoreni delovi Svetskog okeana, gde se život odvija bez kontakta sa podlogom, nazivaju se pelagijal. Razlikuju se površinska zona – *epipelagijal*, i zona duboke vode – *batipelagijal*. Epipelagijal se deli na tri regiona (**Tropski**, **Borealni** i **Antiborealni**) (sl. 213). Uslovi u batipelagijalu su svuda isti, pa nema deobe na oblasti.

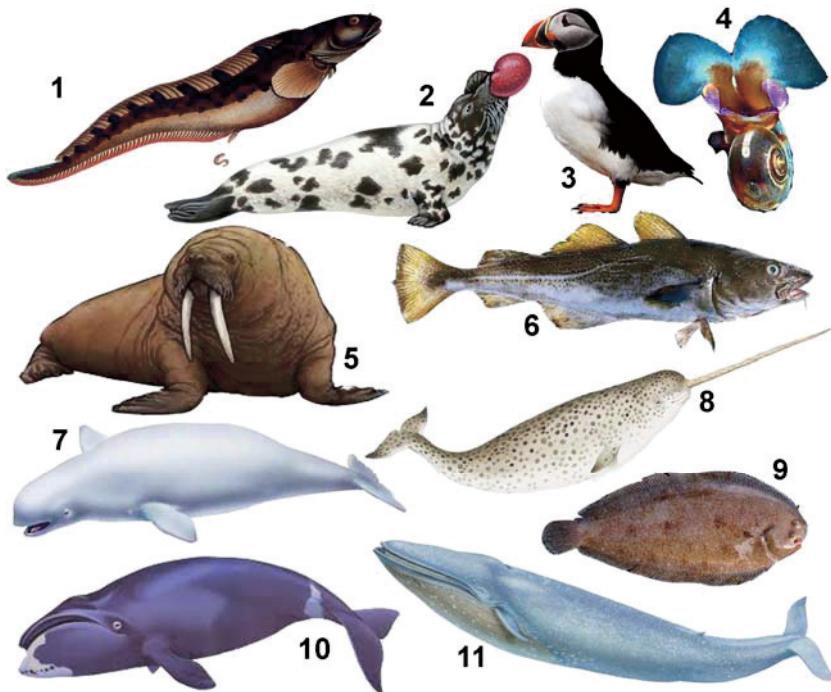


Sl. 213. – Faunističko raščlanjenje pelagijala Svetskog okeana (iz Delatina, 1967):
A–Tropski region; Borealni region: B1–Euborealna oblast, B2–Arktička oblast;
C–Antiborealni region (prema Lopatin, 1995)

Očigledna podudarnost faunističke podele litorala i pelagijala Svetskog okeana omogućava da se, u principu, razlikuju faune toplih (sl. 214) i hladnih mora (sl. 215).



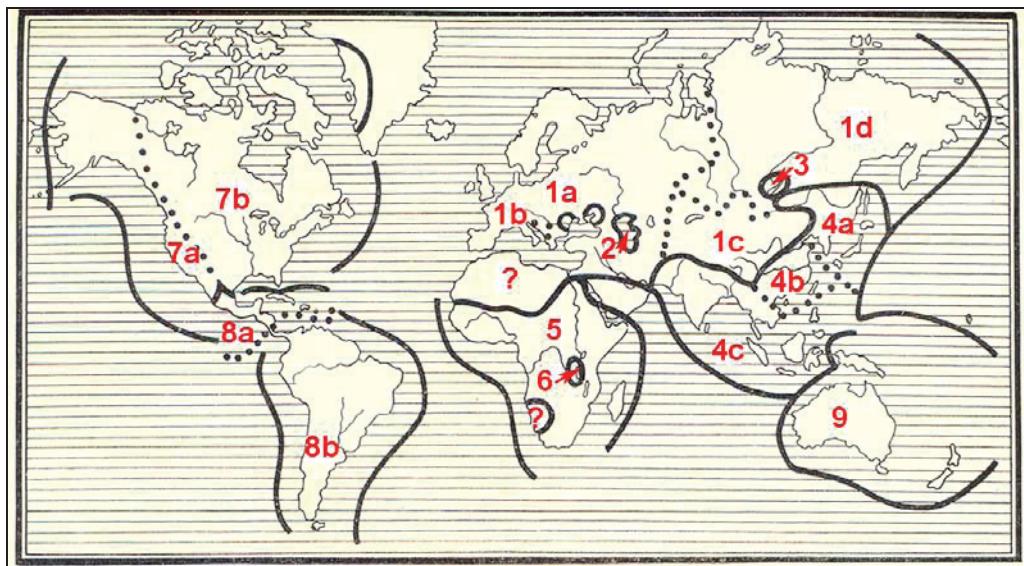
Sl. 214. – Elementi fauna toplih mora: 1–riba-jež *Diodon hystrix*, 2–„mačorepi“ *Xiphosura*, 3–morski puž *Monetaria moneta*, 4–morska kornjača *Caretta caretta*, 9–električna raža *Torpedo* sp., 6–morski jež *Cidaris* sp., 7–školjka bisernica *Pinctada margaritifera*, 8–sabljarka *Xiphius gladius*, 9–morska zmija *Pelamis platura*, 10–ulješura *Physeter catodon*



Sl. 215. – Elementi fauna hladnih mora: 1–živorodac *Zoarces viviparus*, 2–mehurasta foka *Cystophora cristata*, 3–severni tupik *Fratercula arctica*, 4–puž *Limacina helicina*, 5–morž *Odobenus rosmarus*, 6–bakalar *Gadus morhua*, 7–beli kit beluga *Delphinopterus leucus*, 8–narval *Monodon monoceros*, 9–riba list *Solea* sp., 10–grenlandski kit *Balaena mystacetus*, 11–plavi kit *Balaenoptera musculus*

8.4.3. Zoogeografska podela kontinentalnih (slatkih) voda

Sve kontinentalne vode na Zemlji možemo grupisati u devet oblasti: Palearktičku, Ponto-Kaspijsku, Bajkalsku, Sino-Indijsku, Etiopsku, Tanganjikansku, Nearktičku, Neotropsku i Australijsku. Polovina ih se dalje deli na podoblasti (sl. 216).



Sl. 216. – Zoogeografska podela kopnenih (slatkih) voda na oblasti po Starobogatovu, 1969:
 1–Palearktička (podoblasti: 1a–Evropsko-Sibirska, 1b–Ohridska, 1c–Planinsko-Azijska,
 1d–Istočnosibirska); 2–Ponto-Kaspijska bočatna; 3–Bajkalska; 4–Sino-Indijska (podoblasti:
 4a–Amuro-Japanska, 4b–Kineska, 4c–Indo-Malajska); 5–Etiopska; 6–Tanganjikanska;
 7–Nearktička oblast (podoblasti: 7a–Tihookeanska, 7b–Atlantska); 8–Neotropska (podoblasti:
 8a–Centralnoamerička, 8b–Južnoamerička); 9–Australijska (prema Lopatin, 1995).

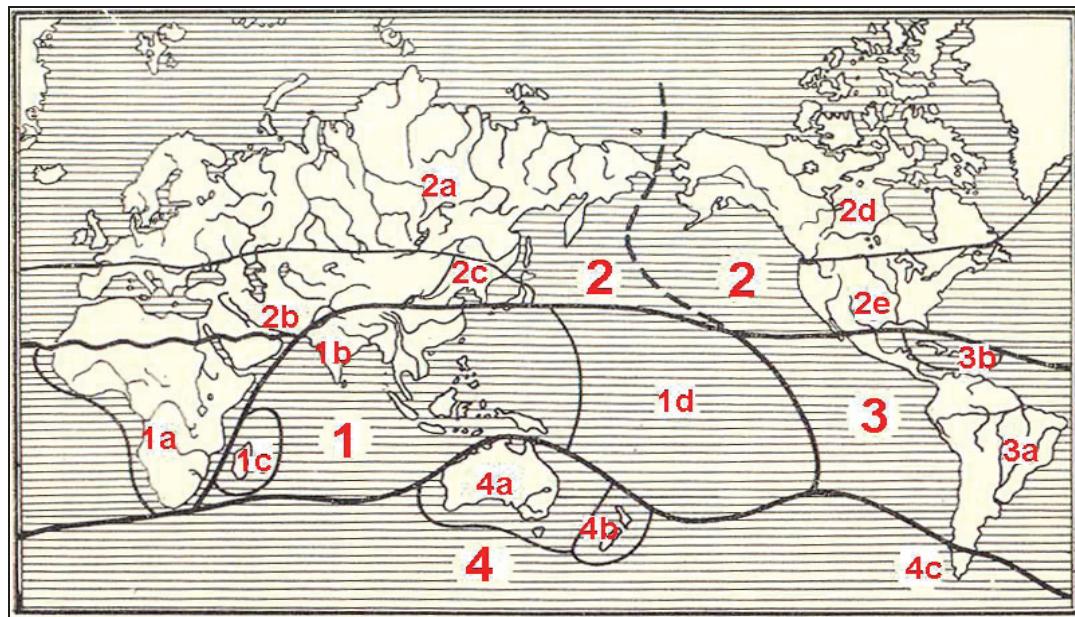
8.4.4. Zoogeografska podela kopna

Kopnena fauna je zbog velikih razlika u životnim uslovima (klimi, reljefu i vegetaciji) na različitim delovima kopna (sl. 41, 60, 89 i 90) raznorodnija od vodene, pogotovo morske (sl. 217).



Sl. 217. – Kopnene faune su veoma različite. (modifikovano http://img.biga.sk/7/76444_4b200c240b408.jpg)

Fauna kopna se može podeliti na četiri carstva – **Paleogeja**, **Arktogeja**, **Neogeja** i **Notogeja** (sl. 218), a ova dalje (zavisno od stepena različitosti) na potcarstva odnosno oblasti, svaka sa svojom karakterističnom faunom (sl. 217).



Sl. 218. – Zoogeografska podela kopna na carstva: 1–**Paleogeja** (oblasti: 1a–Etiopska, 1b–Indo-Malajska, 1c–Madagaskarska, 1d–Polinezija); 2–**Arktogeja** (Holarktik) [Palearktičko potcarstvo (oblasti: 2a–Evrosibirska, 2b–Oblast Drevnog Sredozemlja, 2c–Istočnoazijska); Nearktičko potcarstvo (oblasti: 2d–Kanadska, 2e–Sonorska)]; 3–**Neogeja** (oblasti: 3a–Neotropska, 3b–Karipska) 4–**Notogeja** (oblasti: 4a–Australijska, 4b–Novozelandska, 4c–Patagonijska (prema Lopatin, 1995).

Oblasti se dalje dele na podoblasti, a granice su uglavnom po geografskim barijerama za raseljavanje organizama.

Očigledno, svetska zoogeografska podela kopna (sl. 218) više liči na zoogeografsku podelu kopnenih voda (sl. 216), nego Svetskog okeana (sl. 212 i 213). To je zbog većeg prostornog (kako po geografskoj širini i dužini, tako i po nadmorskoj visini) i vremenskog (geološkog i sezonskog) variranja ekoloških faktora na kopnu nego u Svetskom okeanu.

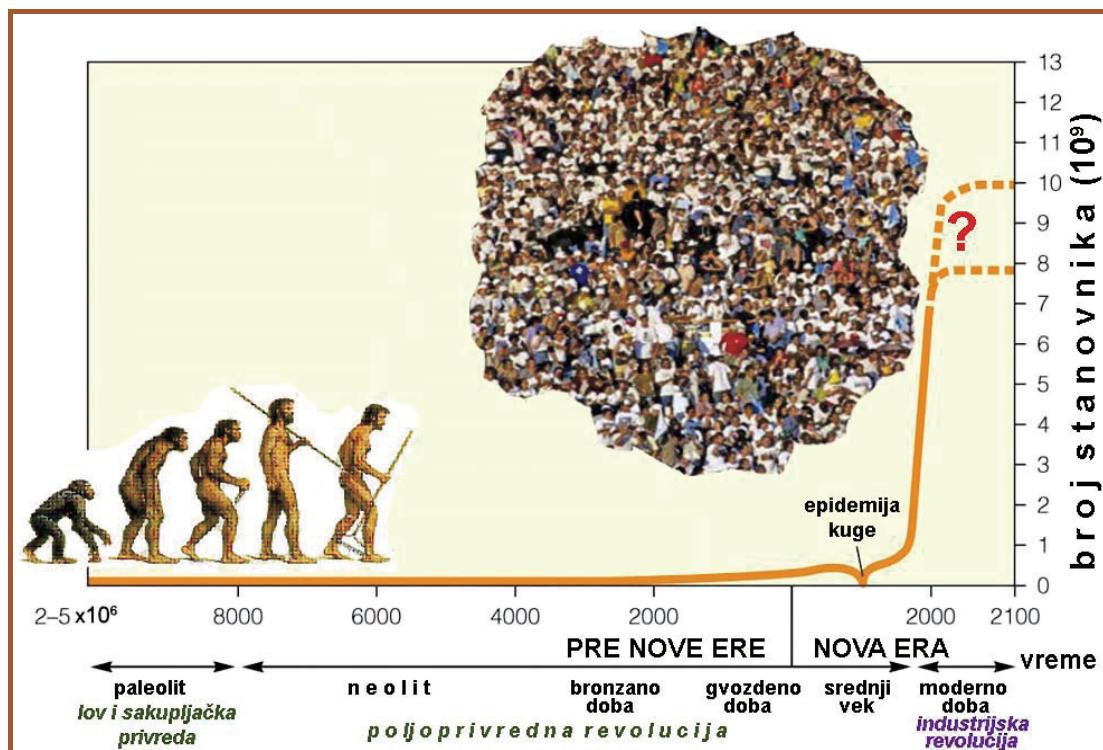
Pitanja za samoproveru znanja

1. Biogeografija – definicija, zadaci, veze sa ekologijom, podela.
2. Definišite areal.
3. Šta su flora, vegetacija, fungia i fauna?
4. Po čemu su specifične ostrvske flore i faune?
5. Šta proučava fitogeografija?
6. Objasnite horizontalnu i vertikalnu zonalnu smenu vegetacije i predela na Zemlji.
7. Šta su intrazonalna, ekstrazonalna i azonalna vegetacija?
8. Ukratko objasnite šta proučava zoogeografija, na koje discipline se deli i kakve veze ima sa drugim наукама.
9. Koji su principi zoogeografskog rejoniranja?
10. Kakva je zoogeografska podela Svetskog okena?
11. Kako se zoogeografski mogu podeliti kontinentalne (slatke) vode na Zemlji?
12. Zoogeografski se na kopnu razlikuju četiri carstva. Koja?



9. Antropogeni uticaji na biosferu

10. Zaštita i unapredjivanje životne sredine

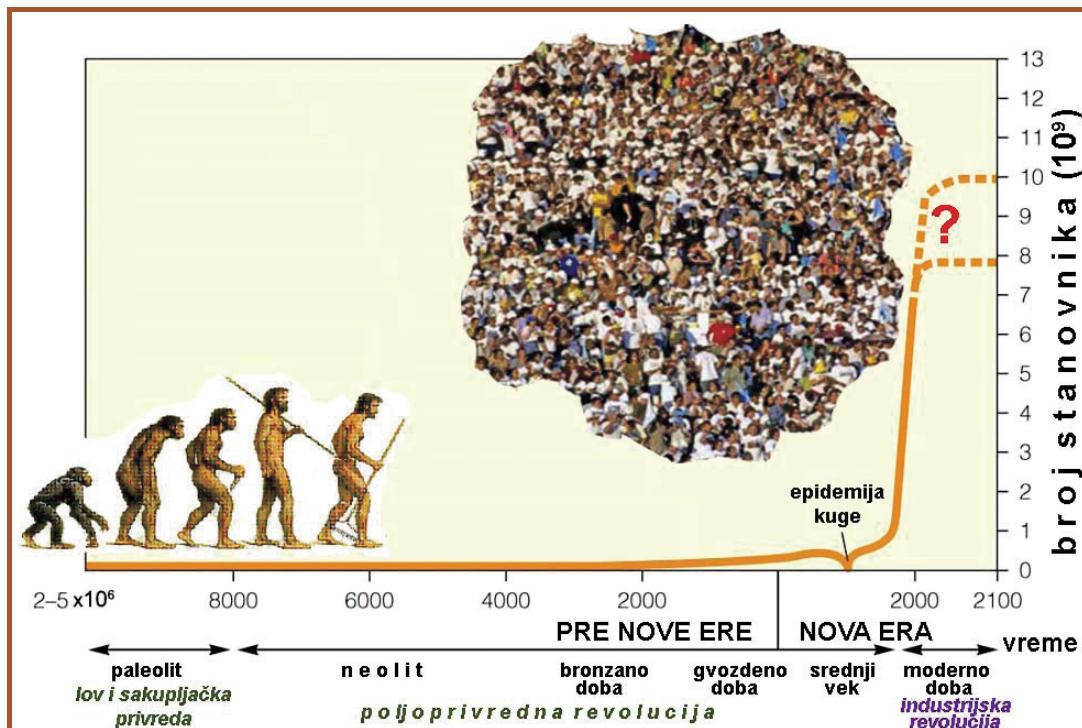


Rast broja ljudi na Zemlji tokom istorije

9.1. ANTROPOGENI UTICAJI NA BIOSFERU

Od kraja ledenog perioda na severnoj hemisferi, faktorima koji određuju uslove za život na Zemlji priključuju se i antropogeni (ljudskim aktivnostima izazvani). Kao svesno biće, vođeno razumom, čovek se smatra gospodarem Zemlje, zaboravljaljući da je ona još mnogo pre njegove pojave bila naseljena. Čovek je samo jedna, prilično mlada vrsta, pored više miliona vrsta drugih bića na ovoj planeti.

Ljudska populacija se rapidno uvećava (sl. 219). Pre samo 35 godina na planeti je živilo nešto više od 3,5 miliarde ljudi, a sada je već više od šest milijardi.



Sl. 219. – Rast broja ljudi na Zemlji tokom istorije čovečanstva
(<http://www.vhemt.org/oar.htm> i modifikovano: Miller, 2007)

Na prostorima Evrope razumni čovek je prisutan oko 250.000 godina. Od kada se pojavio, razvijajući lov i ribolov, koristeći vatru, praveći oruđa i oružje, sve više je potiskivao suparničke životinjske vrste (pećinskog lava, sabljozubog tigra, pećinskog medveda i dr.) zauzimajući njihova skloništa. Pre oko 100.000 godina nestali su šumski slonovi i nilski konji, a potom i šumski nosorozi. Znači, ljudi su ne samo ograničavali brojnost populacija vrsta koje su *sakupljali* ili *lovili*, nego ih i potpuno uništavali. Slično je bilo i na drugim kontinentima, izuzev Afrike, na kojoj se sačuvala pleistocenska fauna. Preci Indijanaca, koji su na tle Severne Amerike dospeli pre oko 15.000 godina, primitivnim kopljima su lovili američkog mastodona, džinovsku lamu, kolumbijskog mamuta i dr.

Prelaz na *stočarstvo*, nije isključio lov, ali je promovisao nove ljudske aktivnosti – *krčenje šuma, uzoravanje zemljišta, ispašu stoke*.

Nakon velikih geografskih otkrića evropskih moreplovaca u 15. i 16. veku, uništavanje prirodnih okvira od lokalnih poprima globalne razmere. Kolonizacija i razvoj kapitalizma bespoštедnom *eksploatacijom prirodnih resursa* još mnogo drastičnije šire negativne uticaje čoveka na prirodu. Uticaji su **direktни** (neke vrste ljudi istrebljuju, neke useljavaju jer su im

ekonomski važne) i **indirektni** (ljudi menjaju životne uslove). Sa aspekta biogeografije, čovek je važan faktor fragmentacije i smanjivanja areala mnogih autohtonih vrsta. Prema nekim podacima, direktnim ljudskim aktivnostima je do 1800. godine sa lica Zemlje nestalo 33 vrste sisara i 30 vrsta ptica; od 1801. do 1850. godine dve vrste sisara i 20 vrsta ptica; 1851–1900. godine je izumrla 31 sisarska i 51 ptičja vrsta. U Australiji je od doseljavanja belih ljudi nestalo sedam vrsta kengura, a u australijskoj državi Novi Južni Vels je od 52 torbarske vrste 11 izumrlo zbog ispaše ovaca i *ubijanja*; u državi Alabama (SAD) su zbog primene *otrovnih hemikalija* nestale tri vrste zмијa, a u Luizijani četiri vrste žaba. Situacija je mnogo dramatičnija na ostrvima: na Havajskim ostrvima je izumrlo 60% ukupne faune ptica, a na Maskarenškim čak 86%. Divlje goveče – tur, rodonačelnik evropskog domaćeg govečeta, je u praistoriji bilo uobičajena životinja u Evropi, Sibiru, Maloj Aziji i severnoj Africi, a 1827. godine je ubijen poslednji primerak. Karakteristična je i sudbina bizona (sl. 220): pre dolaska Evropljana, u Severnoj Americi je živelo ne manje od 60 miliona jedinki; krajem 30-ih godina 19. veka kolonisti su počeli da ih masovno ubijaju; 1877. godine je ubiveno 100.000 grla; u SAD su specijalni odredi lovaca godišnje ubijali do 2,5 miliona grla, kako



Sl. 220. – Američki bizon *Bison bison* (http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/8/8d/20091209075604!American_bison_k5680-1.jpg)

bi indijanska plemena osudili na smrt glađu ili oterali. Krajem 19. veka u SAD i Kanadi je ostalo manje od hiljadu grla; 1905. godine je formirano udruženje za spasavanje bizona. Danas je ova vrsta zakonom zaštićena.

Australijska fauna sisara je najprimitivnija i najjarhaičnija na Zemlji, a pošto je ostrvska, veoma je osetljiva (svaka nepromišljena intervencija izaziva nenadoknadiv gubitak). Tamo je torbarski vuk nestao još pre naseljavanja Evropljana, dok se na Tasmaniji zadržao duže i poslednji primerak je registrovan 1961. godine.

Krupne ptice neletači su sasvim uništene lovom (npr. moa na Novom Zelandu, dodo na Maskarenškim ostrvima), a džinovske morske kornjače sa Galapagoskih ostrva skoro da imaju istu sudbinu, jer im je meso jestivo.

Eksplotacija prehrabnenih resursa iz Svetskog okeana je znatno kasnije počela u odnosu na kopno. Ipak, već su neke vrste kitova uništene.

Poseban problem je neplanirano ili plansko *useljavanje vrsta* u nove rejone. On se javio usled razvoja saobraćajnih sredstava, posebno brodova. Tako je, npr., pričvršćena za dno broda, u Baltik stigla kineska čupava kraba, a u Crno more je donet američki sesilni račić, tzv. morski žir; rašireni su bubašvabe i komarci-malaričari; na rasadnom materijalu preneti su mnogi insekti štetočine (filoksera, štitaste vaši, tvrdokrilci i dr.) i bolesti biljaka; nutrija je iz Južne Amerike doneta u Evropu i danas se sasvim odomaćila u Rusiji i Centralnoj Evropi; evropski kunić je unet u Australiju sredinom 19. veka i odlično se prilagodio. Skoro polovina današnje faune Novog Zelanda je introdukovana (preko 30 vrsta ptica i sisara).

Leptir gubar je 1868. godine donet u Severnu Ameriku iz Evrope radi proučavanja u cilju nalaženja načina da se spriči njihovo širenje, pošto je na matičnom kontinentu već pravio prilične štete. Usled nepažnje, nekoliko jedinki je ispušteno iz laboratorija u Masačusecu, pa je danas velika štetočina i na američkom kontinentu. Inače, od 180 američkih štetnih vrsta insekata, polovina je uneta, i to mahom iz Evrope.

Koliko neočekivanih posledica može biti zbog useljavanja alohtone vrste najbolji primer je slučaj sa kunićima u Australiji. Evropski kunić na novom kontinentu nije imao prirodnih neprijatelja, preteroano se namnožio, podivljao i počeo da ugrožava pašnjake i poljske useve, pa je već 1875. godine organizovano bezuspešno uništavanje otrovnim mamcima, a 1917. godine lov. Pokušalo se i prirodnim

načinom borbe, pa su početkom 20. veka uvezeni pas i lisica. Ali, oni su se namnožili i počeli da napadaju domaću stoku. Tek je unos jedne virusne bolesti (miksomatoze) u populacije kunića sredinom 20. veka urođio plodom. Podivljali psi (dingo) su u nedostatku kunića još više počeli da napadaju stada domaće stoke. Kunići uneti na Novi Zeland su istisnuli beskrilu pticu kivi.

Često su vrste svesno donošene radi borbe sa korovima i štetočinama. U Kanadu je u periodu 1910–1955. godine radi borbe sa 68 štetnih vrsta insekata preseljeno oko milijardu jedinki iz 220 vrsta grabljivih i parazitskih insekata. Na žalost, pri preseljavanju, čovek retko vodi računa o ekologiji tih vrsta, pa one često sasvim istisnu domaće vrste. Tako je 1910. godine u Dalmaciju (na ostrva Mljet i Pelješac) radi uništavanja zmija otrovnica uvezen mali indijski mungos. Međutim, on se namnožio i počeo da uništava miševe, guštere, ali i živinu, kokošja jaja, pa i jagnjad.

Osim ubijanja i preseljavanja, čovek i indirektno utiče na živi svet narušavanjem uobičajenih ekoloških veza vrsta sa životnom sredinom (prehrambenih, teritorijalnih, biocenotičkih...), a koje su se balansirano čak i milionima godina izgrađivale tokom evolucije.

U biosferi se *eksploatacijom*, koju organizuju ljudi, konstantno smanjuju zalihe prirodnih bogatstava, pogotovo mineralnih i energetskih resursa i pitke vode, što se vraća kao bumerang i ugrožava kvalitet života i zdravlje samih ljudi.

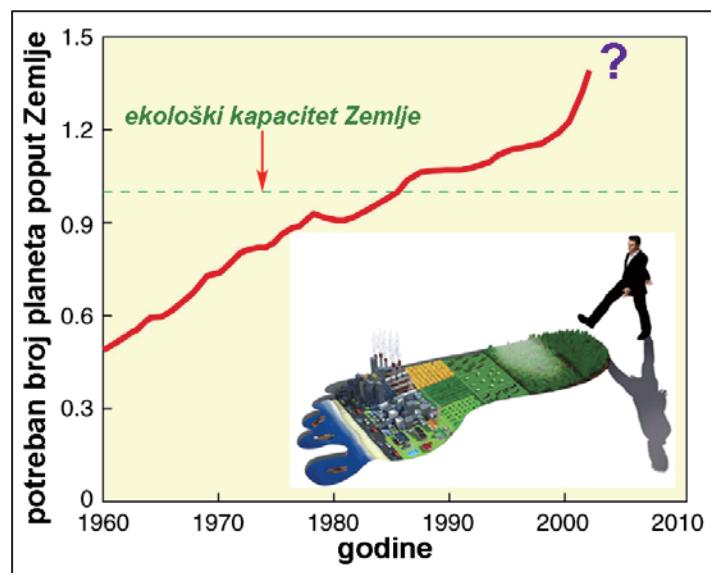
Sa druge strane, ove aktivnosti čovečanstva vode menjanju staništa i ekosistema.

Seča šumskih kompleksa (totalna seča je u Evropi i na Bliskom istoku primenjivana još u praistoriji, što je trajno oštetilo te šumske ekosisteme), *uzoravanje* ledina (uništalo je stepsku faunu i kao celina danas gotovo ne postoji), *paljenje* površina radi krčenja, *isušivanje* močvara i bara (dovodi do nestajanja karakterističnih higro- i hidrofilnih vrsta, npr. barskih ptica), *građenje* ljudskih naselja (veštačkim materijalima se prekriva tle i vidno smanjuju površine pod biljkama, a one su osnovni proizvođači na Zemlji), produkcija ogromnih količina industrijskog i komunalnog *otpada* (koji ne može da bude uključen u prirodno kruženje materije na Zemlji) neki su vidovi indirektnog antropogenog uticaja na prirodni okvir na planeti. Ogromne površine kotlina i rečnih dolina (a tu je zemljište najplodnije!) bivaju *potopljene* zbog formiranja akumulacionih jezera, ili vidno promenjene usled *izgradnje naselja* i industrijskih postrojenja sa svom pratećom infrastrukturom, aerodroma, *saobraćajnih magistrala* i sl.

Obešumljene površine u šumskim zonama su lako podložne *eroziji*, klizanju tla, odronima. I tzv. sanitarna seča je vid negativnog antropogenog delovanja na šumske ekosisteme, jer se tako iz njih iznosi dragocena biomasa, kvare trofički odnosi i slabi stabilna biocenoza. Naročito je nepoželjna u rezervatima prirode i nacionalnim parkovima.

Loše planirano pošumljavanje (monokulturama uglavnom četinara ili alohtonih vrsta), pretežno sproveđeno radi potreba drvne industrije, može takođe da dovede do trajnog degradiranja kvaliteta zemljišta.

Podizanje brana i gradnja veštačkih vodenih akumulacija u kanjonima i klisurama potpuno uništava autohtone ekosisteme tekućica i litica. Prava je katastrofa kada se ti zahvati preduzimaju u klisurama refugijalnog tipa, jer se trajno uništavaju ionako malobrojne populacije endemičnih i reliktnih vrsta.



Sl. 221. – Ekološki „trag“ čovečanstva u poslednjih 50-ak godina (modifikovano: Miller, 2007)

Turizam i rekreacija ljudi bi trebalo da po svojoj prirodi budu aspekti ljudskih aktivnosti zainteresovani za očuvanje prirode, jer spadaju u delatnosti koje ubiranje profita uglavnom baziraju na prirodnim dobrima. Međutim, neretko, upravo preterani i loše ili nikako planirani razvoj ove privredne grane nanosi ogromne štete prirodnim ekosistemima, pogotovo u primorskim predelima, na visokim planinama, uz reke i jezera. U kombinaciji sa bespravnim lovom i ribolovom, a pogotovo trgovinom divljim vrstama (živim ili mrtvim, svejedno) ova sfera ljudskih aktivnosti je izuzetno opasna, ukoliko nije strogo regulisana zakonskim propisima.

Druga polovina 20. veka je živom svetu na Zemlji donela još veću opasnost (sl. 221) – **zagađenje biosfere hemijskim materijama** (industrijskim i komunalnim otpadom, pesticidima, deterdžentima, veštačkim đubrивима, radioaktivnim jedinjenjima i dr.). **Polucijom (zagađenjem)** je posebno ugrožen živi svet reka, jezera i mora. Deo okeana na 50 km oko Njujorka je nazvan mrtvim morem, jer je tu sve uginulo! Zagadenje Svetskog okeana naftom je dostiglo zastrašujuće razmere, a najrizičnije je po koralne rifove. Na dnu severnog dela Tihog okeana leži čak oko 300 miliona tona plastičnog otpada! Naučnici su razradili tehnologiju kojom bi prerdom 10 tona plastičnog otpada dnevno dobijali 28 barela* tečnog goriva koje bi bilo prodavano rafinerijama nafte.

Konstantno smanjivanje zelenih površina, sa jedne strane, i porast potrošnje kiseonika sagorevanjem fosilnih goriva, sa druge, vode narušavanju gasnog sastava atmosfere (raste prisustvo CO₂, a opada O₂) i njenom zagađivanju česticama čadi, ali i menjanju mikroklimatskih, a u poslednjim decenijama i globalnih *klimatskih* prilika. Zato ovoj temi posvećujemo naročitu pažnju.

9.2. ZAGAĐIVANJE (POLUCIJA) ŽIVOTNE SREDINE

Pojam životne sredine možemo izjednačiti sa pojmom biosfera, tj. njenim komponentama vazduh (atmosfera), voda (hidrosfera), zemljište (litosfera) i živi organizmi.

Obim zagađivanja danas je sve veći (sl. 221). Zagađenje je posledica disproporcije između kapaciteta planete Zemlje i ljudskih potreba koje je već sada dobrano prevazilaze. Naiime, solarni kapital, zajedno sa ljudskim i prirodnim resursima jesu „sirovine“ od kojih se u raznim ljudskim tehnološkim, ekonomskim i kulturnim miljeima „proizvode“ robe i usluge. Tako se dobija npr. i grejanje za ljudska naselja, infrastrukturna i industrijska postrojenja. Ali pri ovim procesima permanentno nestaju neobnovljivi resursi, obnovljivi resursi se degradiraju, zagađuje se životna sredina i proizvodi mnogo otpada. Samo mali deo tog otpada se reciklira ili višekratno koristi i tako utiče na smanjenje potrošnje prirodnih resursa kao sirovina.

GLAVNI UZROČNICI PROBLEMA U ŽIVOTNOJ SREDINI SU:

- ☒ rast broja ljudi,
- ☒ rasipnički odnos prema resursima,
- ☒ siromaštvo ljudskih društava,
- ☒ loše evidentiranje stanja u životnoj sredini i
- ☒ ekološka ignoracija.

Izvori zagađenja mogu biti tzv. **tačkasti i izvori koji nisu tačka**.

Pojmove **polutant** i **zagadivač** možemo shvatati dvojako: kao subjekt koji vrši zagađivanje (objekat, pojedinac, naselje i dr.) ili kao zagađujuću materiju (supstancu).

Zagađujuće materije mogu imati tri vida neželjenih dejstava:

- ☠ mogu da poremete / degradiraju (oslabe) sisteme koji podržavaju život,
- ☠ mogu da oštete zdravlje i imovinu ljudi i
- ☠ mogu da uzrokuju neprijatnosti poput buke, neprijatnih mirisa, ukusa i prizora.

* Jedan barel nafte sadrži 158,9873 litara.

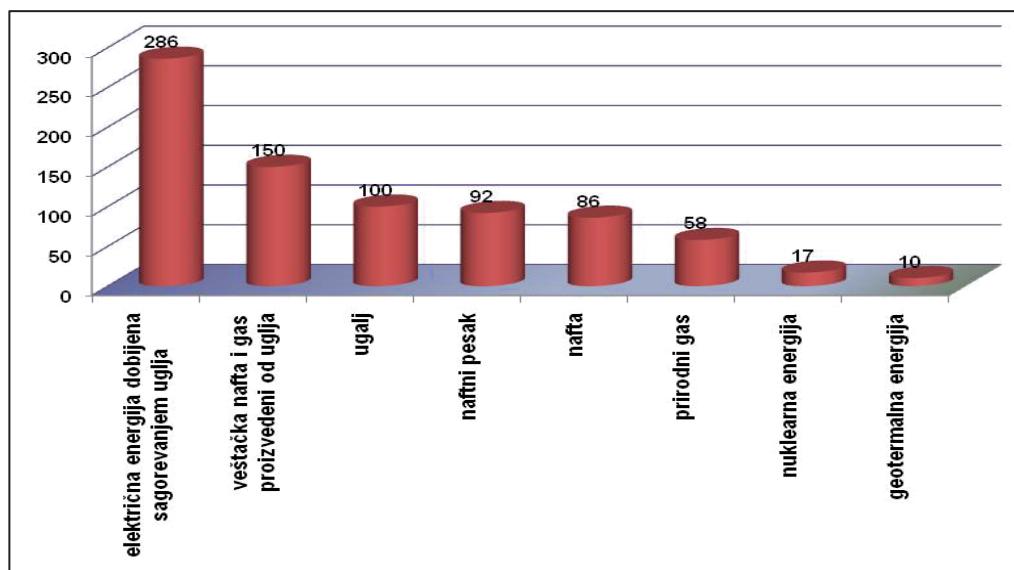
Dok na jednoj strani smanjuje prisustvo producenata, čovek sa druge strane u životnu sredinu neprekidno odlaže mnogo otpadnih materija, od kojih većina nije brzo razgradiva, tj. zagađuje zemljište, vodu, vazduh, pa i bića, a to znači i hranu za samoga sebe.

9.2.1. Zagđivanje vazduha (aerozagđenje)

Ljudske potrebe i aktivnosti produkuju u atmosferu razne gasove i čestice.

Sagorevanje fosilnih goriva remeti balans CO_2 i O_2 u vazduhu, a emituju se i CO (koji je direktni krvni otrov), produkti nepotpunog sagorevanja benzina u motorima i olovo. Osim toga, oslobađaju se i drugi gasovi i tako narušava uobičajeni odnos gasova u atmosferi, tj. narušava njen hemijski sastav, odnosno remete osnovni abiotički faktor životne sredine svih kopnenih vrsta organizama. Glavni zagađivači vazduha su oksidi C-, N-, S-a, lebdeće čestice, ozon, isparljive organske supstance, radon.

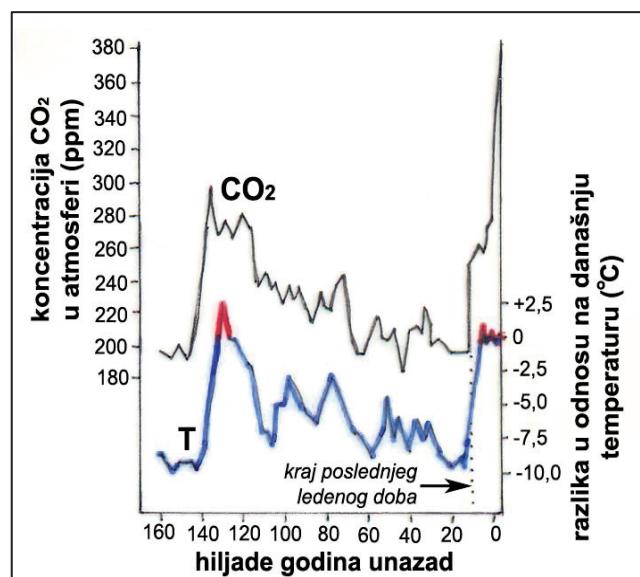
Ugljenikovi oksidi. – Ugljen-monoksid (CO) je veoma toksičan gas, koji se oslobađa pri nepotpunoj razgradnji materijala koji sadrže ugljenik (sl. 222).



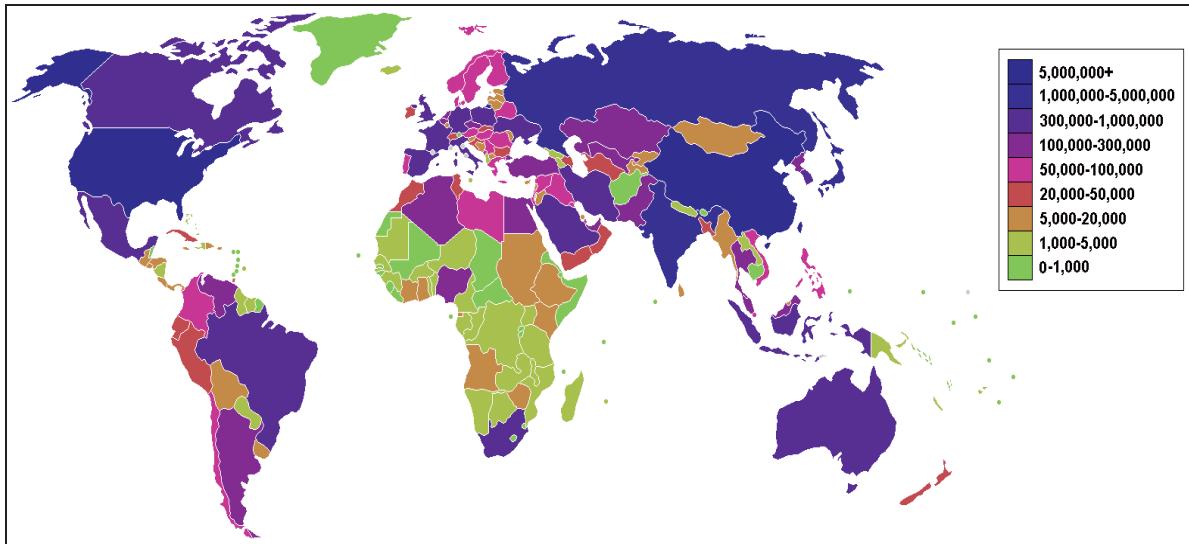
Sl. 222. – Emisije CO_2 u procentima po jedinici proizvedene energije za razne energetske resurse
(na osnovu Miller, 2007)

Ugljen-dioksid (CO_2) je produkt potpunoga sagorevanja ugljenikovih jedinjenja. U nenarušenim prilikama njega ima svega 0,035% u vazduhu (sl. 80). Inače, 93% od te ukupne količine CO_2 u troposferi potiče iz ciklusa kruženja ugljenika. Preostalih 7% je rezultat ljudskih aktivnosti (uglavnom sagorevanja fosilnih goriva). Porast koncentracije CO_2 u vazduhu je poslednjih decenija doveo do globalnog porasta temperature vazduha (sl. 223).

Sl. 223. – Porast koncentracije CO_2 u vazduhu i prosečne temperature
Od 1958. do 2004.
(prema: Miller, 2007)



Nivo emisije CO₂ po državama je različit (sl. 224), uglavnom proporcionalan broju industrijskih postrojenja i stepenu saobraćaja.

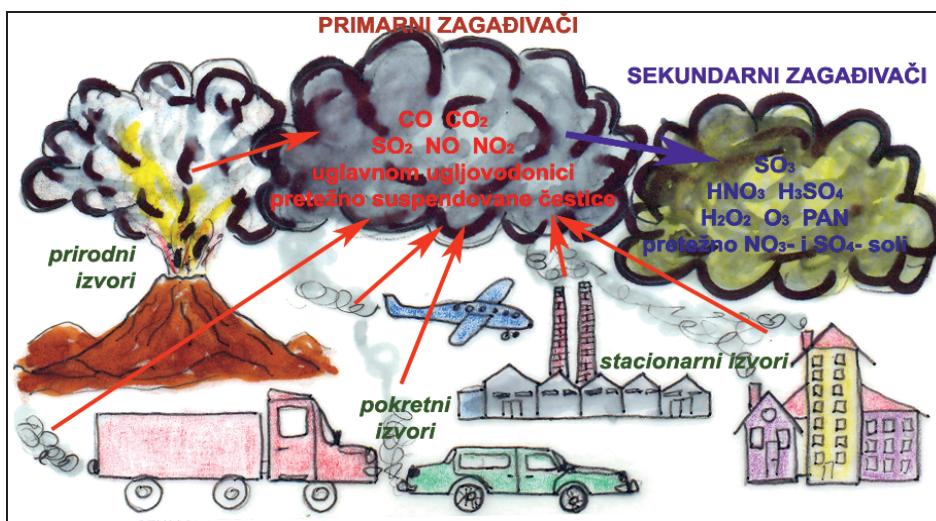


Sl. 224. – Producija CO₂ po državama

(http://yarokist.com/wp-content/uploads/2008/11/countries_by_carbon_dioxide_emissions_world_map_deobfuscated.png)

Azotovi oksidi i azotna kiselina. – Azot-monoksid (NO) nastaje reakcijom gasovitog azota i kiseonika u vazduhu na visokim temperaturama, koje se razvijaju pri sagorevanju goriva u motorima automobila i u termoelektranama. NO mogu proizvesti i neke zemljjišne bakterije. NO reaguje sa vazduhom i obrazuje NO₂.

NO₂ reaguje sa vodenom parom u vazduhu i obrazuje azotnu kiselinu (HNO₃) i nitratne soli (NO₃⁻) koje su u sastavu kiselih kiša.



Sl. 225. – Formiranje sekundarnih zagađivača vazduha* (prema Miller, 2007)

Sumpor-dioksid (SO₂) i sumporna kiselina. – Približno jedna trećina SO₂ u troposferi je porekлом из природног циклуса крүженja сumpora. Dve trećine потију од неких antropogenih извора, првенствено sagorevanja uglja koji sadrži sumpor (S+O₂→SO₂) i rafinisane nafte, као и topljenja sulfidnih ruda. SO₂ u atmosferi može biti preveden u sumpornu kiselinu (H₂SO₄) i sulfatne soli (SO₄²⁻), koje se kiselim kišama vraćaju zemljjištu.

* PAN – peroksi-acetil-nitrati

Lebdeće čestice – (SPM – Suspended particulate matter). – Razne čvrste čestice i kapljice dovoljno su sitne i luke da mogu da lebde u vazduhu. To mogu biti čestice prašine, različitog porekla i dejstva na sredinu i bića (npr. prašina olova, žive, silikatne vune, azbesta, cementa, PVC-a, pesticida, radioaktivna i dr.).

Najštetnije među njima su fine čestice (tzv. PM-10, sa prosečnim prečnikom manjim od 10 mikrometara) i ultrafine čestice (PM-2,5, prečnika 2,5 μm).

Usled lebdećih čestica u vazduhu ima oko 60.000 spontanih pobačaja godišnje u SAD.

Neki primarni zagađivači vazduha mogu da reaguju međusobno ili sa drugim hemikalijama u vazduhu i da tako sintetišu **sekundarne zagađujuće supstancije vazduha** (sl. 225).

Sumpor-dioksid, azotovi oksidi i čestice mogu u atmosferi da reaguju sintetišući kisela jedinjenja, koja mogu, nošene vazdušnim strujama, da pređu velike razdaljine pre nego što se izruče na tle u vidu **kiselih kiša** ili drugih kiselih padavina. Najveće nastaju na jezerima u proleće jer stradaju jaja riba i nezreli oblici invertebrata. U šumskim ekosistemima kiselo zemljište otpušta teške metale (aluminijum i dr.) i izaziva stresogene reakcije drveća (sl. 226).

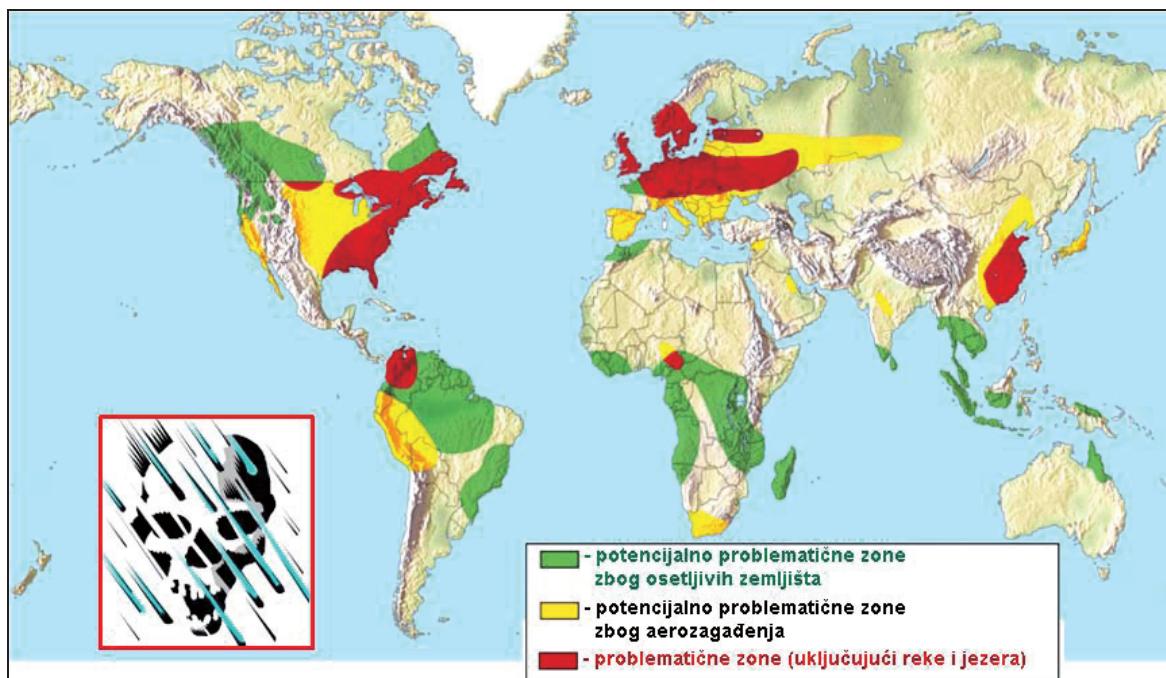
Ni ljudi ne ostaju poštedeni efekata kiselih kiša. Sve je više ljudi obolelih od hroničnih respiratornih bolesti. Može i da bude posrednih reakcija, npr. ako dođe do izdvajanja toksičnih metala (poput olova i žive) iz zemljišta u jezera koja se koriste za vodosnabdevanje ljudskih naselja pijacom vodom.

Danas su u svetu najugroženiji dejstvom kiselih padavina industrijski i visokourbani-zovani predeli (sl. 227). Izgradnjom visokih dimnjaka smanjuje se lokalno aerozagađenje, ali može da se poveća regionalno! Aerozagađenje je jedan od interaktivnih stresova koji mogu da oštete, oslabe ili ubiju drveće (sl. 226) i zagade površinske i podzemne vode (sl. 228).

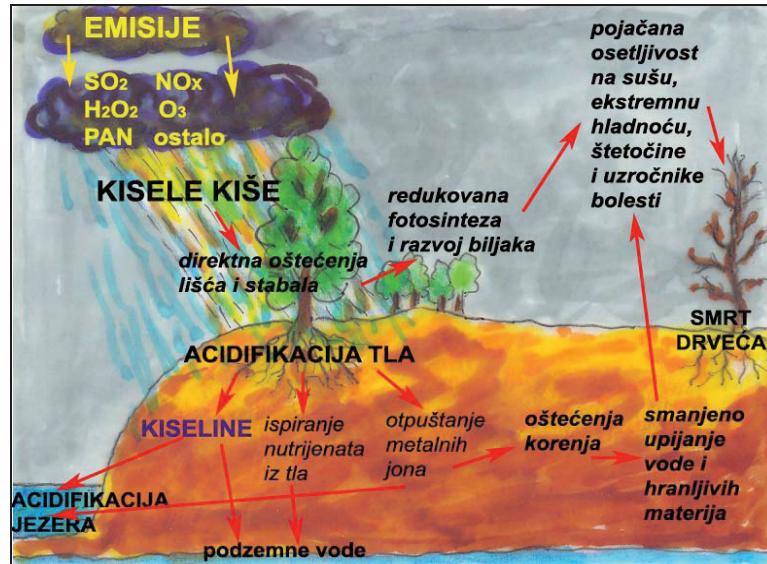


Sl. 226. – Efekti kiselih kiša na šumu

(<http://r8.ams03g01.c.bigcache.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/11292977.jpg?st=lc>)



Sl. 227. – Ugroženost sveta kiselim padavinama (modifikovano: Miller, 2007)



Sl. 228. – Stresogene posledice aerozagadađenja na životnu sredinu (prema Miller, 2007)

Postoje razne varijante rešenja problema kiselih padavina. Neka su preventivna (naturally, they are cheap and effective), while others represent reactions to already existing problems.

PREVENCIJA

- ♣ Smanjiti aerozagadađenje povećanjem energetske efikasnosti.
- ♣ Smanjiti upotrebu uglja, a povećati korišćenje prirodnog gasa i obnovljivih prirodnih resursa.
- ♣ Sagorevati ugalj sa niskim sadržajem sumpora.
- ♣ Odstraniti SO_2 i NO_x iz izduvnih gasova dimnjaka, a NO_x i iz auspuha.
- ♣ Naplaćivati takse za emitovanje SO_2 .

ČIŠĆENJE

- ✓ Dodavati kreč i fosfatna đubriva u zakišljena jezera da bi se pH vrednost vode neutralisala.

Ozon (O_3). – Ozon je veoma reaktivni gas, koji je osnovni sastojak fotohemijskog smoga. Inače, ozon u ozonskom ekranu u atmosferi (na oko 15 km od tla) štiti živa bića na Zemlji od UV zraka (sl. 46). Međutim, ozon na površini Zemlje je smrtonosan, jer oštećuje respiratorne organe. Najveći izvori smoga su automobili, kamioni i autobusi. Ovaj gas može i da pogorša stanje srčanim bolesnicima, ošteti biljke, kaučuk u autogumama, tkanine i slike.

Isparljive organske supstancije (VOCs – Volatile organic compounds). – Većinom su u pitanju ugljovodonici koje emituje lišće biljaka i metan. Na žalost, oko dve trećine globalne emisije metana potiče od ljudskih aktivnosti. Ostali VOC su industrijski rastvarači, poput trihlor-etilena (TCE), benzena i vinil-hlorida.

Dugo izlaganje benzenu može dovesti kod ljudi do pojave raka, bolesti krvi i oštećenja imunog sistema.

Radon (Rn-222). – Radon je radioaktivni gas prirodnog porekla, prisutan u nekim tipovima zemljišta i stena. Može da prodire u kuće i zgrade zidane na takvim terenima, kroz pukotine, cevovode, prozore i dr.

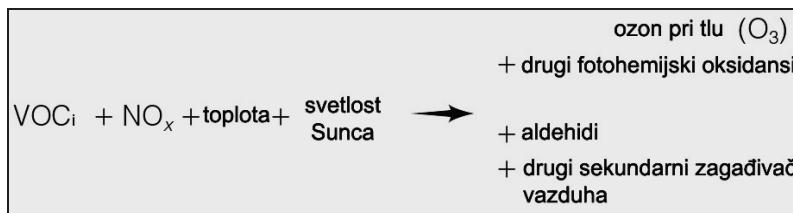
Po lokaciji moguće je razlikovati **spoljašnje** (tzv. **urbano**, sl. 229) i **unutrašnje aerozagadenje**.



Sl. 229. – Fotohemski smog u Meksikosítiju
<http://www.reuters.com/article/2010/06/30/us-commuters-cities-idUSTRE65T1BF20100630>)

problem, jer je odlična kontrola zagađenja ili su dimnjaci veoma visoki, pa se zagađujuće materije raspršuju po ruralnoj okolini.

Fotohemski smog je mešavina aerozagađivača nastalih reakcijom isparljivih organskih ugljovodonika i azotovih oksida pod dejstvom sunčeve svetlosti.



Drugim rečima:

Sunčeva svetlost + automobili = fotohemski smog

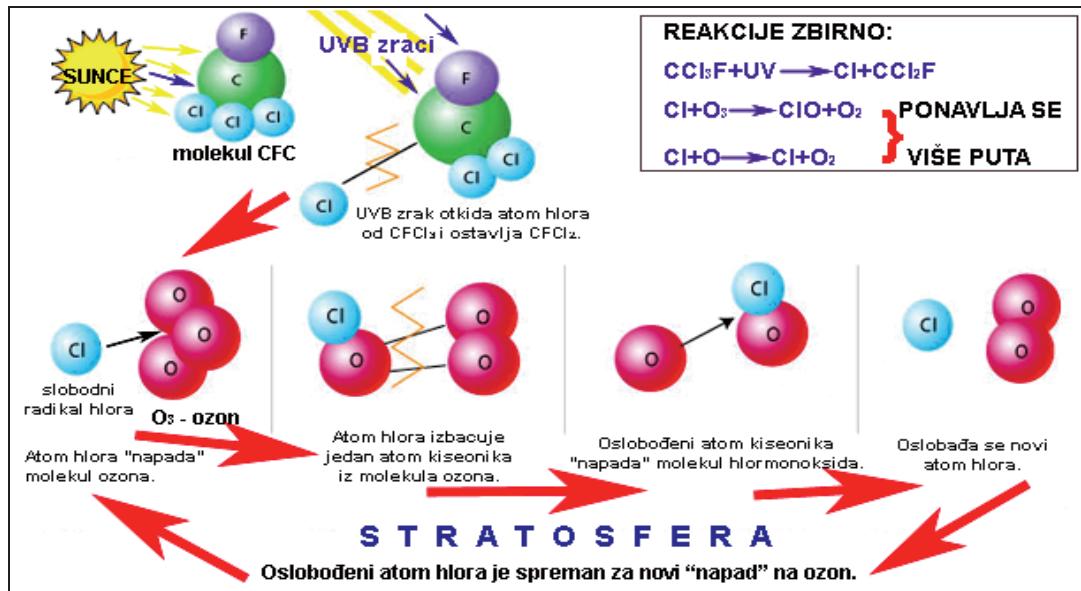
Osiromašenje ozonskog ekrana

Tanki (oko 3mm), nevidljivi sloj ozona (O_3) već eonima štiti našu planetu od štetnih UV zraka (sl. 48). Ozon (O_3) se formira fotodisocijacijom molekulskog O_2 kiseonika, koji se apsorbovanjem kratkih UV zraka (iz C oblasti) cepa u atome i rekombinuje sa molekulskim, dajući troatomni molekul. Ozonski ekran zadržava oko 95% štetnih Sunčevih zraka da ne stignu do površine Zemlje. Manjak ozona u stratosferi dopušta većoj količini štetnih UV zraka da prođu do površine Zemlje.

Danas hlorofluorougljenici (skraćeno CFC) (netoksični, nezapaljivim gasovima, koji se ne razlažu lako – vek trajanja je 150 godina), haloni i druge sintetičke materije odlaze višoko u atmosferu (na 9–50 km) i tamo se razlažu oslobađajući atome hlora, koji brzo reaguju sa ozonom i tako ga troše (sl. 230). Jedan atom hlora uništi oko 100.000 molekula ozona, pre nego što se mnogo godina kasnije spusti na površinu Zemlje. CFC su već „pojeli“ oko 5% celokupnog ozonskog omotača Zemlje.

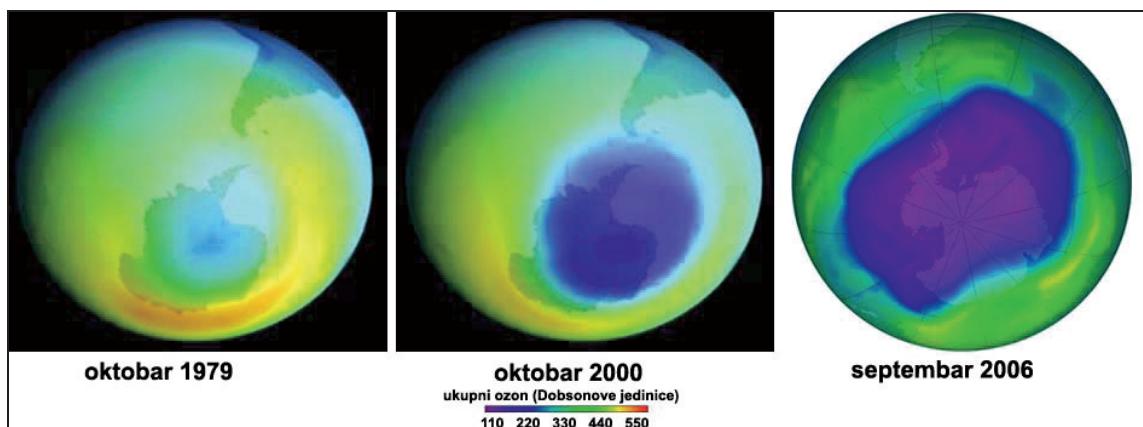
Od 1988. godine CFC-i se ne proizvode u SAD.

Pošto je ozonski ekran sve tanji, UV zraci se sve više propuštaju na Zemlju, usled toga javlja se sve više oboljenja – rak kože ljudi, slabljenje imunog sistema, pojavu mrene, a istovremeno prinosi useva i produkcija riba opadaju.



Sl. 230. – Mehanizam reakcije hlorofluorougljenika i ozona
(modifikovano: Miller, 2007)

Tokom četiri meseca svake godine (pogotovo u oktobru i novembru) skoro polovina ozona u stratosferi iznad Antarktika (sl. 231) i, u manjoj meri, iznad Arktika nestaje!



Sl. 231. – Erozija ozonskog omotača Zemlje: ozonska rupa iznad Antarktika sve je veća.
(http://chemwiki.ucdavis.edu/@api/deki/files/6989/ozone_hole.jpg i <http://www.ozone-depletion.net/ozone2000.jpg>)



9.2.1.2. Unutrašnje aerozagadženje

Mogli bi da ga nazovemo i zagađenjem u zatvornim prostorima (kući, kancelariji i sl.). Unutrašnje aerozagadženje obično ima veći uticaj na ljudsko zdravlje nego spoljašnje.

Četiri najopasnija unutrašnja aerozagadivača u razvijenim zemljama su:

- ☠ *duvanski dim,*
- ☠ *formaldehid,*

Sl. 232. – Potencijalni izvori unutrašnjeg aerozagadženja
(http://thevancouverair.com/wp-content/uploads/2010/07/indoor_pollution_house1.jpg)

- ☠ radioaktivni gas **radon-222** i
- ☠ **vrlo sitne – fine i ultrafine čestice.**

Međutim, lista zagađujućih materija u domovima, prodajnim halama, poslovnim prostorima i uopšte zgradama gde ljudi borave je znatno duža: paradihlorbenzen, hloroform, tetrakloroeten, 1,1,1-trihloretan, azotovi oksidi, stiren, benzo- α -piren, azbest, ugljen-monoksid, metilen-hlorid i dr.

Grinje kućne prašine (sl. 233), koje se hrane ljudskom kožom i prašinom, žive u materijalima poput posteljine i meblaštovova. Kod nekih osoba mogu da uzrokuju astmatične napade i alergijske reakcije.

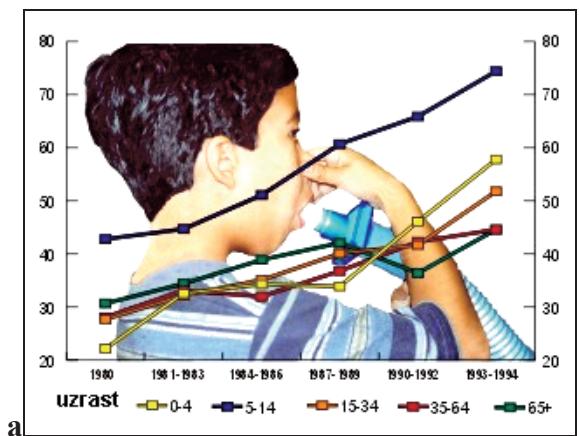
Radon-222 je radioaktivni gas koji može da poveća rizik od raka pluća.

9.2.1.3. Efekti aerozagadenja na zdravlje ljudi

Naš respiratorni sistem može da nam pomogne u zaštiti od aerozagadenja, ali neki zagađivači vazduha mogu da savladaju ovu odbranu. Međutim, zbog sve većeg prisustva zagađivača i porasta njihove raznovrsnosti, sve je više bolesti upravo ovoga sistema.

Drugi „zid odbrane“ našega zdravlja pred aerozagadenjima je naš imuni sistem. Ali, život u sredini sa sve prisutnjim i raznovrsnjim aerozagđivačima dovodi do sve većeg slabljenja imunog sistema ljudi. Tako ljudi bivaju sve osetljiviji i na biološke agense poput grinja.

ZAGAĐENJE VAZDUHA JE VELIKI UBICA. Svake godine, usled zagađenja vazduha nastupi oko 3 miliona prevremenih smrti ljudi, uglavnom od unutrašnjeg zagađenja u nerazvijenim zemljama. U SAD, godišnje umre zbog unutrašnjeg ili spoljašnjeg aerozagadenja između 150.000 i 350.000 ljudi, a više od 125.000 dobije rak zbog udisanja dima od sagorelog dizel-goriva. U porastu je i broj obolelih od astme i to najviše među decom (sl. 234)



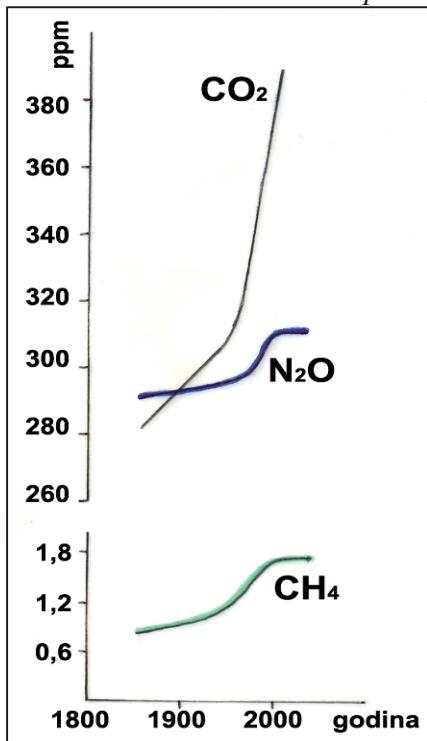
Sl. 234. – a–Rast broja obolelih od astme u SAD-u u periodu 1980-1994. po uzrastima;
b–zdrava (levo) i pluća pušača oboljela od emfizema i raka (desno)
(<http://www.buildinggreentv.com/files/images/hydrausedu.preview.jpg> i
<http://effectsofsmokingonthbody.com/health-issues-related-to-smoking.php>)

9.2.1.4. Efekti aerozagadenja na globalnu klimu

Kako znamo kakva je nekada bila temperatura vazduha na Zemlji?

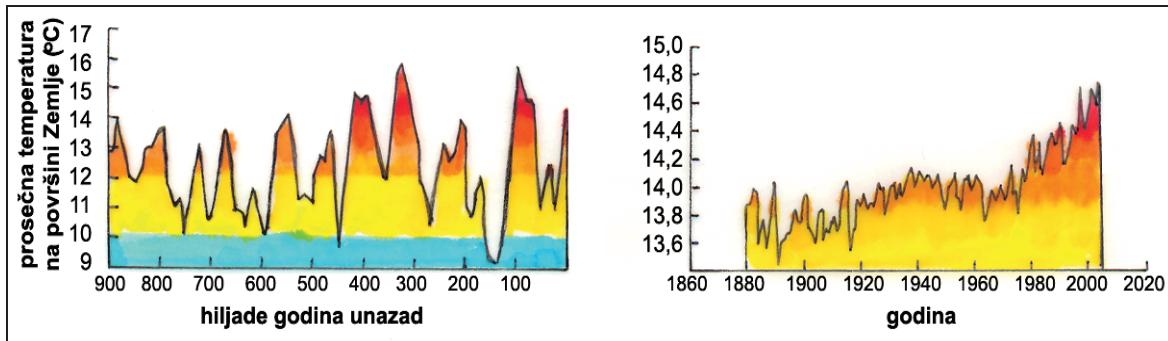
Naučnici analiziraju sićušne mehure vazduha zarobljene u ledenim naslagama Antarktika i na osnovu toga saznavaju o nekadašnjem:

- sastavu troposfere,
- temperaturnim trendovima,
- koncentraciji gasova staklene bašte,
- aktivnosti sunca,
- snežnim padavinama i
- šumskim požarima.



Sl. 234. – Porast prosečne koncentracije tri gase staklene bašte u troposferi, u periodu 1860–2004. godine (prema: Miller, 2007)

njih 1.000 godina temperature su ostale prilično stabilne, ali su u 20-om veku opet počele da rastu (sl. 235).

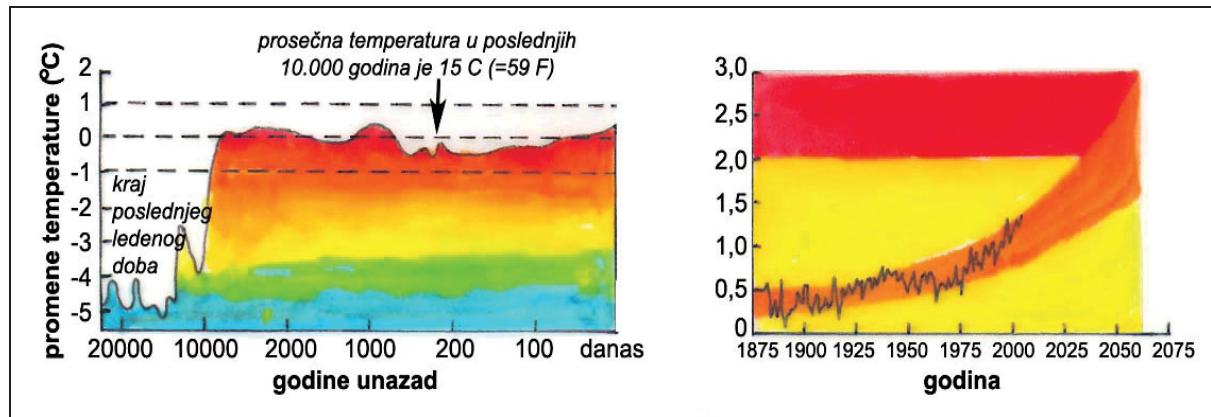


Sl. 235. – Klima na Zemlji nekada i sada na osnovu prosečne temperature vazduha (prema Miller, 2007)

Da bi se razumelo menjanje klime na Zemlji, od velike koristi je istraživanje vulkana. Naime, naučnici iz NASA su precizno predvideli da će se usled erupcije na Filipinima, 1991. prosečna temperatura na Zemlji spustiti za do $0,5^{\circ}\text{C}$ u trajanju od 15 meseci, a onda se vratiti na normalnu

temperaturu do 1995. godine. Ispostavilo se da je NASA model bio tačan. Uspeh je uverio naučnike i političare da projekcije klimatskih modela treba da budu ozbiljno shvaćene.

Drugi klimatski modeli su pokazali da će tokom ovoga veka globalne temperature porasti za nekoliko stepeni.



Sl. 236. – Rekonstrukcija promena temperature vazduha na Zemlji u prethodnih 20.000 godina i od 1875. godine do danas, i projektovane prosečne temperature atmosfere Zemlje za 21. vek
(modifikovano: Miller, 2007)

Očigledno se troposfera danas zagreva (sl. 235 i 236). Osnovni uzrok su ljudske aktivnosti.

Od 1900. godine prosečna temperatura u troposferi je porasla za $0,6^{\circ}\text{C}$. U poslednjih 50 godina, temperature na Arktiku su rasle skoro dva puta brže nego u drugim delovima sveta. Glečeri i ledene sante se otapaju i smanjuju sve brže i time doprinose zagrevanju troposfere, jer reflektuju manje sunčevih zraka natrag u svemir.

Toplija klima će imati i korisne, ali i štetne posledice, a najviše patnje će doneti tropima.

Koje bi još posledice globalnog zagrevanja mogle da budu?

Postoji nesigurnost oko toga koju količinu CO_2 i toploće može okean da oduzme troposferi i koliko dugo da ih zadržati u sebi. Više temperature znače više oblaka, što, opet, može da zgreje ili ohladi troposferu.

Aerosoli i čadi nastali ljudskim aktivnostima mogu da zgreju ili ohlade atmosferu, ali efekti će biti smanjeni svaki put kada spoljašnje aerozagadenje bude smanjeno.

Topliji vazduh može da oslobodi metan deponovan u barama, močvarama i zemljištu u tundri i tako ubrzati globalno zagrevanje.

Rapidni porast temperature troposfere tokom ovoga veka bi mogao da nam ostavi premalo vremena da se izborimo sa štetnim posledicama.

Kao prevencionu strategiju naučnici insistiraju da se na polovinu smanji emisija CO_2 tokom narednih 50 godina.

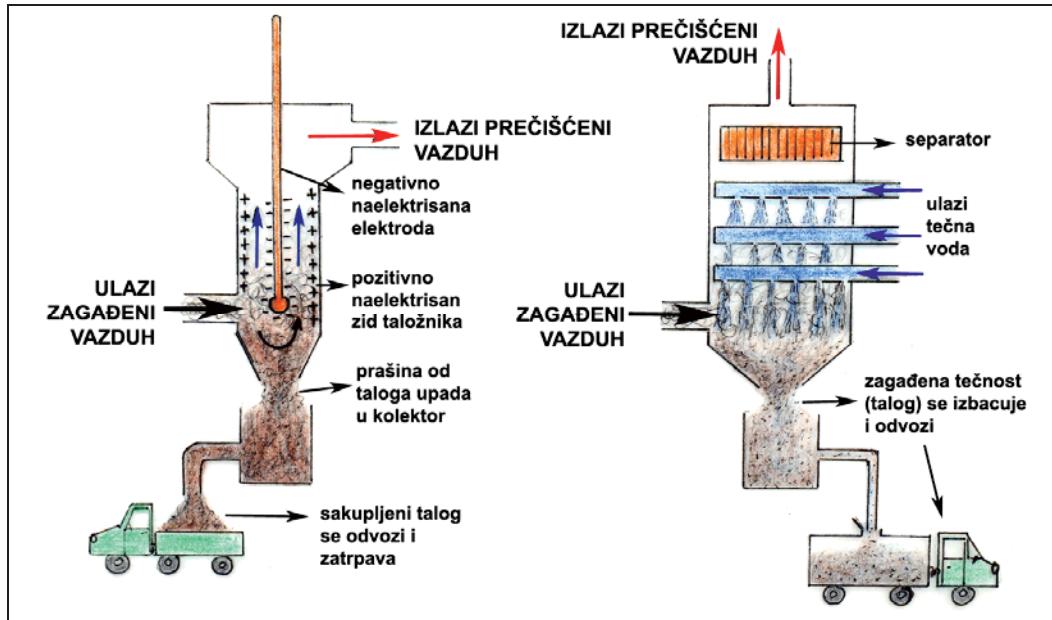
9.2.1.5. Potencijalna rešenja problema aerozagadenja

Današnja nauka i tehnologija nude razna rešenja a smanjenje zagađenja vazduha.

Postoje, npr., dva tehnička načina za prevenciju i kontrolu zagadenja koje potiče od objekata koji sagorevaju ugalj (sl. 237).

✓ **Elektrostatički taložnik:** privlači negativno nanelektrisane čestice iz dima u kolektor. Može da odstrani 99% čestica. Mane su mu da: ne odstranjuje opasne superfine čestice; proizvodi toksičnu prašinu, koja mora da se bezbedno odlaže; koristi mnogo struje.

✓ **Vlažni prečistač:** fina izmaglica od vodene pare „lovi“ čestice i pretvara ih u talog koji se sakuplja i obično odlaže u jame u zemljištu. Može da odstrani 98% SO_2 i čestica. Međutim, nije naročito efikasan u odstranjivanju finih i ultrafinih čestica.



Sl. 237. – Elektrostatički taložnik (levo) i vlažni prečistač vazduha (desno) (modifikovano: Miller, 2007)

Ipak, najuspešnije rešenje je **smanjenje spoljašnjeg aerozagadenja** gde god je to moguće. U suštini deluje se u dva pravca: u pravcu prevencije i saniranja već načinjene štete. Pravna regulativa može uveliko da deluje preventivno. Zahvaljujući „Clean Air Act“, novi automobili u SAD ispuštaju 75% manje zagađenja nego automobili pre 1970. godine. Međutim, u nerazvijenim zemljama (koje uglavnom i nemaju plan kontrole zagađenja) sve je veća upotreba motornih vozila i koristi se olovni benzin.

Moguća rešenja problema industrijskog tj. stacionarnih izvora aerozagadenja danas su:

PREVENCIJA

- ♣ Sagorevati ugalj sa manje sumpora.
- ♣ Odstraniti sumpor iz uglja.
- ♣ Prevesti ugalj u tečno ili gasovito gorivo.
- ♣ Prelaziti na manje štetna goriva.

DISPERZIJA I ČIŠĆENJE

- ✓ Visokim dimnjacima raspršiti emisiju iznad sloja termalne inverzije.
- ✓ Odstraniti polutante nakon oksidacije.
- ✓ Naplatiti taksu za svaku jedinicu emitovanog polutanta.

Moguća rešenja nekih urbanih aerozagadenja, pogotovo onoga koje potiče od motornih vozila bi bila:

PREVENCIJA

- ♣ Uvođenje masovnog prevoza i popularizacija vožnje bicikla i pešačenja.
- ♣ Smanjiti broj mašina zagađivača i peći.
- ♣ Popraviti efikasnost peći.
- ♣ Ne puštati u saobraćaj satre automobile, sa lošim sagorevanjem.
- ♣ Smanjiti poreze ili dati druge olakšice kupcima „čistih“ automobila.

ČIŠĆENJE

- ✓ Plan kontrole emisije .
- ✓ Kontrola izduvnih gasova svakog automobila dva puta godišnje..
- ✓ Pooštiti standarde za dozvoljene emisije.

Manje pažnje je posvećeno smanjenju unutrašnjeg aerozagadenja, iako ono znatno više utiče na zdravlje ljudi. Prevencija je i ovde najbolje rešenje. Mi sami možemo mnogo na tom polju da učinimo, odnosno treba:

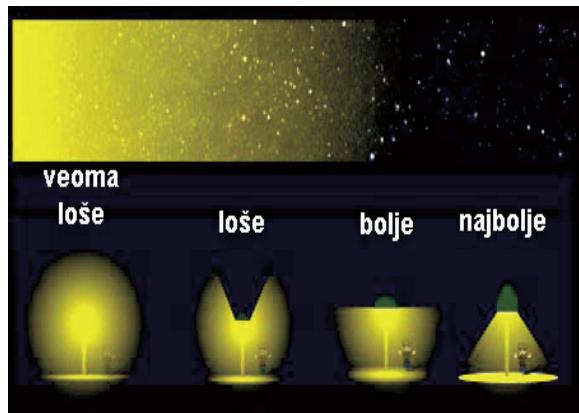
- ♣ proveriti ima li radona i formaldehida u kući i preuzeti mere da se odstrane, ako ih ima;
- ♣ ne kupovati nameštaj, odeću i druge proizvode koji sadrže formaldehid;
- ♣ izuti obuću pre ulaska u kuću, da bi smanjili unos prašine, olova i pesticida;
- ♣ proveriti da li u kući i na radnom mestu ima azbesta, pogotovo za građevine zidane pre 1980. godine;
- ♣ ne useljavati se u kuće, ako ih prethodno niste testirali na prisustvo azbestnih vla-kana i olova;
- ♣ ne čuvati benzin, razredivače, farbe, lakove i druge isparljive opasne hemikalije u kući ili garaži pored kuće;
- ♣ ako ste pušač, pušite napolju ili u posebnoj, dobro ventilisanoj sobi;
- ♣ proveriti da li su peći za drva, kamini ili kerozinske i gasna ložišta propisno instalirani, ventilisani i održavani;
- ♣ ugraditi detektor ugljen-monoksida u spavaćim prostorijama.

9.2.2. Svetlosno zagadenje

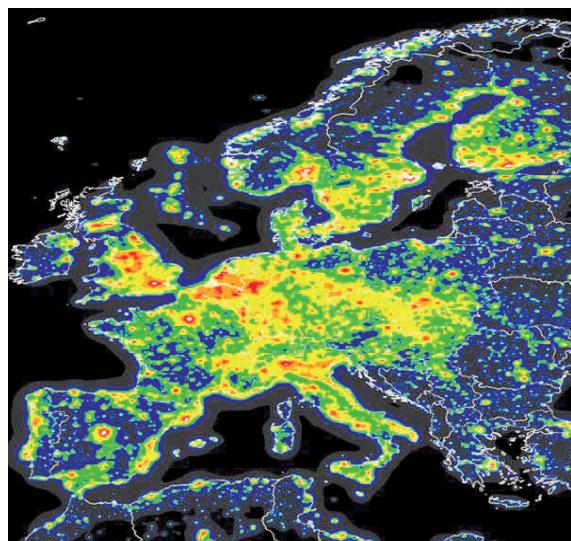
Sav višak svetlosti iz veštačkih svetlosnih izvora, koji se ne koristi za ono čemu je namenjeno (osvetljavanje objekata, ulica, javnih površina i sl.), a naročito svetlost koja je usmerena iznad horizonta, nazivamo **svetlosnim zagadenjem** (sl. 238 i 239).

Postoji više tipova svetlosnog zagadenja:

- nepoželjno osvetljenje (npr. prodire noću u spavaće sobe) (sl. 240a);
- preterano ili neefikasno osvetljenje (ne-funkcionalno, bespotrebno osvetljava objekte koji ne treba da budu osvetljeni) (sl. 240b);
- zaslepljujuće blještanje (opasnije je od prva dva jer može biti rizično po život ljudi, pošto dovodi do prekomernog kontrasta između osvetljene i tamne zone u vidnom polju i tako biti uzrok mnogim saobraćajnim nesrećama noću) (240c);
- zbrka svetlosti (pogotovo je za vozače opasna po magli, jer ih trepčuća svetla npr. nekih reklama, dekoncentrišu, skrećući im pažnju sa puta) (sl. 240d) i
- „zapaljeno nebo“ (javlja se u prenaseljenim gradovima gde reflektovana i loše usmerena svetlost „beže“ u nebo gde se rasipaju po atmosferi i opet vraćaju na zemlju) (sl. 240e).



Sl. 238. – Tipovi svetlosnih izvora po stepenu zagadenja
(http://www.asc-esca.gc.ca/images/stars_pollution.gif)



Sl. 239. – Svetlosno zagadenje iznad Evrope
(http://en.wikipedia.org/wiki/Light_pollution)

Čak 50% rasvete je uzaludno potrošeno, tj. predstavlja zagadenje.



Sl. 240. – Tipovi svetlosnog zagađenja: a–nepoželjno osvetljenje, b–neefikasno osvetljenje, c–zaslepljujuće blještanje, d–zbrka svetlosti i e–„zapaljeno nebo“
 (http://en.wikipedia.org/wiki/Light_pollution)



Sl. 241. – Zvezdano nebo bez (gore) i sa (dole) svetlosnim zagađenjem
 (<http://www.flickr.com/photos/79297308@N00/1035660145>)

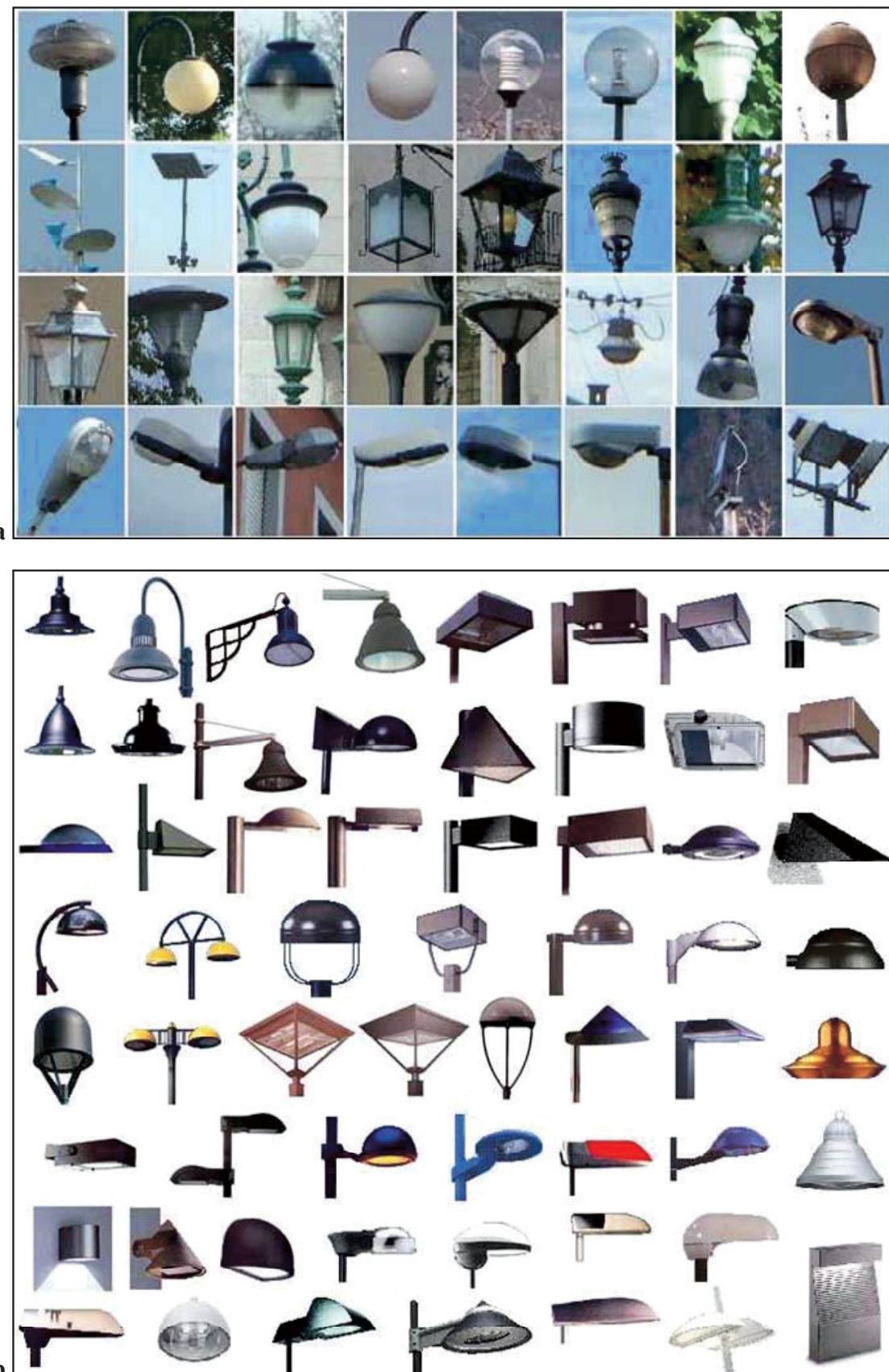
Svetlosno zagađenje smeta životu (remeti mu ritam življena, tj. biološki sat, zbrnuje migratorne vrste ptica), astronomima (onemogućava osmatranje objekata na nebu; sl. 241) i drugim ljudima (vozačima, pogotovo).

Pravilnim izborom osvetljenja (svetiljke sa poklopiljenim gornjim delom, sl. 238 i 242b, tako da se svetlost ne rasipa u vis, nego usmerava nadole) uštedela bi se energija, a sačuvalo „Nebo“, kakvo i treba da bude (sl. 241).

Osim izbora oblika svetiljki, važan je i pravilan izbor snage osvetljenja. U tabeli 8 su date karakteristike nekih tipova osvetljenja. Preterivanje znači gubitak energije čije dobijanje i transport nisu jeftini, a u krajnjem smislu to je uzaludno traćenje neobnovljivih prirodnih resursa.

Tabela 12. – Energetska efikasnost pojedinih tipova izvora svetlosti (http://en.wikipedia.org/wiki/Light_pollution)

TIP IZVORA SVETLOSTI	BOJA	EFIKASNOST (lumena/W)
natrijum pod niskim pritiskom	žuta	80 - 200
natrijum pod visokim pritiskom	ružičasta / čilibrbela	90 - 130
halid metala	plavičastobela / bela	60 -120
živina para	plavozelena / bela	13 - 48
električna sijalica	žuta / bela	8 - 25



Sl. 242. – Loše (a) i dobre (b) javne svetiljke



9.2.3. Jonizujuće zračenje

Radijaciona ekologija je grana ekologije koja proučava uticaje zračenja na živa bića i životnu sredinu.

Zračenja visoke energije, koja su u stanju da izbace elektrone iz jednog atoma i pripoji ih drugim atomima, proizvodeći tako pozitivne i negativne parove, nazivaju se **jonizujuća zračenja**.

Na Zemlji se jonizujuća zračenja emituju iz radioaktivnih materija, ali stižu i iz kosmosa. Na površini Zemlje radioaktivne materije potiču od nuklearnih eksplozija, ili od nuklearnog otpada pri mirnodopskim korišćenjima nuklearne energije i veštačkih radioaktivnih izotopa. Kosmički zraci su zračenja iz svemira. Imaju i korpuskularne i elektromagnetne komponente. Intenzitet kosmičkih zraka u atmosferi je slab, ali su oni veoma opasni na kosmičkim putovanjima. Kosmički zraci i prirodna radioaktivnost supstanci (npr. nekih rudnih stena put uranijuma, aktinijuma, torijuma) na Zemlji su osnovna prirodna zračenja na koja se živi svet prilagodio evolucijom.

Izotopi elemenata koji emituju jonizujuće zračenje se zovu **radioizotopi** ili **radionukleidi**.

Od tri vrste jonizujućeg zračenja (sva tri potiču iz atomskog jezgra), dva su korpuskulare prirode (α i β), a treće (γ) je elektromagnetsko. Korpuskularna zračenja se sastoje od mnoštva sićušnih, subatomskih čestica, koje svoju energiju prenose na sve u šta udare. Elektromagnetska zračenja, pak, su slična svetlosti, samo kraćih talasnih dužina – prevaljuju ogromna rastojanja i lako prodiru u materiju, usput oslobađajući energiju, pa se često kaže da se jonizacija raspršuje. γ -zraci lako prodiru kroz živa tkiva. Da li će biti ikakvih direktnih efekata ili će zbog prolaska zraka kroz tkivo doći do jonizacije „na duge staze“, zavisi od broja zraka, energije i rastojanja organizma od izvora zračenja (intenzitet zraka se eksponencijalno smanjuje sa razdaljinom).

Radijacija se meri na dva načina:

- Ⓐ merenjem količine radioaktivne supstance po **broju dezintegracija** (znači, *na izvoru*) i
- Ⓑ merenjem **apsorbovane doze** jonizujućeg zračenja (*na „cilju*“, tj. u organizmu ili nekom drugom materijalu), čija energija može da izazove jonizaciju i oštećenja.*

Jonizacija je osnovni uzrok povreda protoplazme ćelije. Oštećenje je proporcionalno broju jonskih parova proizvedenih u materiji koja ih apsorbuje. Dospevši u organizam radioaktivne materije deluju na tkiva i ćelije izazivajući mutacije, sterilnost, kancerozna oboljenja i (ili) smrt (ako su doze veće).

Osetljivost živih bića na dejstvo radioaktivnih materija je različita. Najotpornije su bakterije (otporne i na 10.000 Gy)**. Letalna doza npr. za jaja vinske mušice je 1,36 Gy, za mlade larve 3 Gy, a za adulte 1.000 Gy. **Sisari su najosetljiviji.**

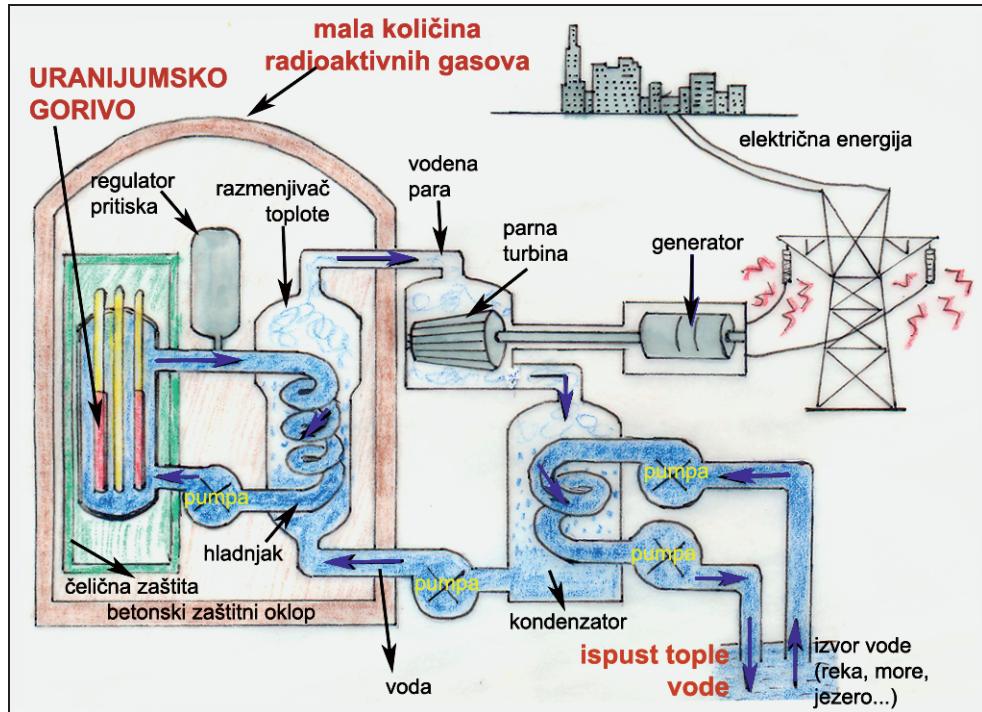
* Jedinica radioaktivnosti po SI sistemu je bekerel ($1\text{Bq}=3,7027 \times 10^{-10}\text{C}$, odnosno raspad jednog atoma radioaktivne supstance, tj. radionukleida). Pre bekerela jedinica količine radioaktivne supstance je bila **kiri** (C) – količina u kojoj se u sekundi raspada $3,7027 \times 10^{10}$ atoma (za radijum to je tačno 1 gram). Za živa bića kiri je isuvše velika količina, pa se koristi milikiri (10^{-3}C) i manje jedinice.

Doza zračenja se meri količinom energije koju organizam apsorbuje. Ranije korišćena jedinica za izražavanje apsorbovane energije je bila **rad** (r), a predstavlja dozu od 100 erga energije na 1g (ili 10 mJ po 1 kg) tkiva organizma, odnosno $1\text{r}=0,01\text{Gy}$. Inače erg je jedinica energije i mehaničkog rada u centimetar-gram-sekund (CGS) sistemu jedinica, jednaka 100 nanodžula.

** Po SI sistemu jedinica za merenje apsorbovane doze jonizujućeg zračenja je **grej** ($1\text{Gy}=1\text{Jkg}^{-1}$).

Rendgen (R) je zastarela merna jedinica koja označava količinu zračenja potrebnu da se proizvede elektrostaticka jedinica nanelektrisanja ma kog polariteta u jednom kubnom centimetru svoga vazduha, odnosno $1\text{R}=2,58 \times 10^{-4}\text{Ckg}^{-1}$, tj. 0,258 kulona po kilogramu.

Za ekologiju su od značaja radiaktivni elementi koji su u sastavu živih bića: Ca⁴⁵, C¹⁴, Cu⁶⁴, J¹³¹, Fe⁵⁹, H³, Mn⁵⁴, P³², CK⁴², Na²⁴, S³⁵, Zn⁶⁵, ali i elementi produkti nuklearne fisije: Sr, Cs, Ce, Rn, Zr, Ba, Nd, Zt, Pu, U.

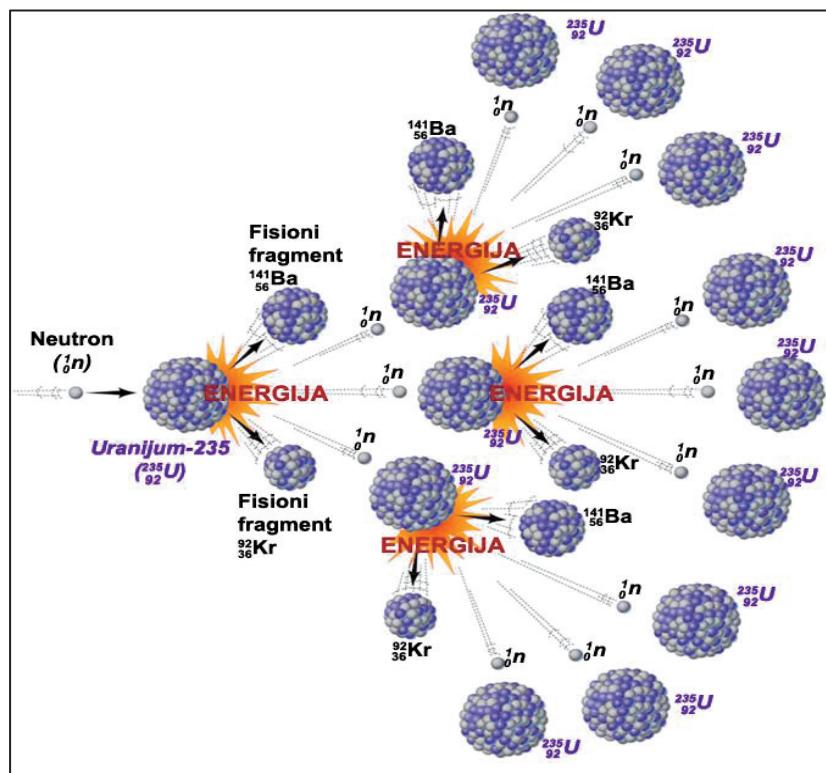


Sl. 243. – Nuklearni reaktor (kombinovano <http://www.igcar.ernet.in/nuclear/reactors.htm> i Miller, 2007)

Za radioaktivne materije takođe **važi pravilo koncentracije**. Izotopi uneti u zemljište površinskom vodom, padavinama, nuklearnim eksplozijama, bivaju apsorbovani korenjem biljaka i koncentrišu se najviše u lišću. U telima biljojeda se koncentracije još više povećavaju (u zecu je 500 puta jača koncentracija nego u biljkama koje on jede). U vodenim ekosistemima planktonski organizmi najbrže apsorbuju radioaktivne materije.

Inače, *radioaktivni markeri* pružaju dragocenu pomoć u fiziološkim i eколоškim istraživanjima (uglavnom se u organizam ubrizgava C¹⁴).

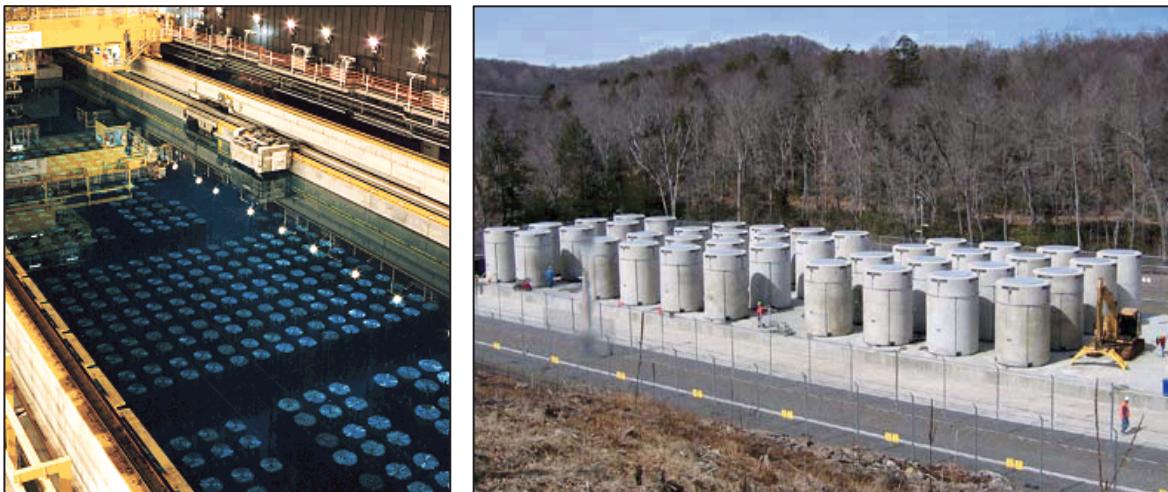
Kada se izotopi uranijuma i plutonijuma podvrgnu kontrolisanoj **nuklearnoj fisiji**, u nuklearnim



Sl. 244. – Nuklearna fisija uranijuma-235. Fisioni fragmenti mogu biti i Cs, Rb, Xe ili Sr
(prema http://media.wiley.com/assets/83/12/fg0-7645-5430-1_0503.jpg , http://www.uwsp.edu/physastr/kmenning/images/fission_chain_reaction_bbc.gif i Miller, 2007)

reaktorima (sl. 244), oslobođena toplota proizvodi silu, koja pokreće turbine i one generišu električnu energiju, tzv. **nuklearnu energiju**.

Nuklearna fisija: jezgra određenih izotopa sa velikim masenim brojevima se pod udarom neutrona cepaju u lakša jezgra. Uranijum-oksid sadrži oko 97% uranijuma-238, koji nije podložan fisiji i samo 3% uranijuma-235, koji može da se cepe (sl. 244). Koncentracija U-235 može da se poveća izvesnim postupkom obogaćivanja.



Sl. 245. – Odlaganje iskorišćenih šipki nuklearnog goriva
– hlađenje u vodenim bazenima i tankiranje u obezbeđene kontejnere
(http://www.sxolsout.org.uk/15_files/image007.gif i http://www.connyankee.com/assets/images/43_vccs02.jpg)

Nakon 3–4 godine, iskorišćene šipke nuklearnog goriva uklanjaju se i deponuju u duboki bazen vode, smešten u betonski, čelikom ojačan kontejner ili se pažljivo ohlade i premeste u suve kontejnere od čelika ili betona (sl. 245). U svetu postoje primeri odlaganja nuklearnog otpada i pod morem, ili duboko ukopano u zemlju, najčešće u nekadašnjim rudnicima.

Kada nukleranom reaktoru istekne rok upotrebe, njegovi visokoradioaktivni materijali moraju biti pod strogom kontrolom kako ne bi postojala bilo kakva mogućnost da prodrú u životnu sredinu i otvoreno zrače još hiljadama godina.

Najmanje 228 ogromnih komercijalnih reaktora u svetu (20 u SAD) treba da okonča svoju upotrebu do 2012. godine. Stari reaktori su postali krti i korodirani. Za mnoge reaktore treba produžiti garantni rok korišćenja sa 40 godina na 60.

Permanentni razvoj nuklearne moći u mirnodopske svrhe (najviše energetske i medicinske) zahteva kontrolu odlaganja nuklearnog otpada. Sredinom osamdesetih godina 20. Veka u nuklearnim elektranama je bilo instalisano 200 gigavata električne snage. Tada je ukupna radioaktivnost koju je čovek proizveo generišući električnu energiju putem fisije teških elemenata iznosila 10^{23} Bq. Poređenja radi globalna prirodna radioaktivnost u atmosferi Zemlje je 3×10^{18} Bq, u hidrosferi $1,7 \times 10^{22}$, a u litosferi $1,4 \times 10^{25}$ Bq. Ukoliko se u litosferi ograničimo na dubine 60–70 m, zaključuje se da je *ljudskom aktivnošću u nuklearnim proizvedenim količinama zračenja uporediva sa ukupnom prirodnom radioaktivnošću tla sa kojim smo u kontaktu. Stoga je neophodno krajnje kritičko preispitivanje upotrebe nuklearne energije na širem planu.*

Mnogo je protivrečnosti u vezi sa korišćenjem nuklearne energije.*

* Vojna upotreba nuklearne energije je pretežno pod velom stroge tajne. Nuklearno naoružanje se bazira na procesima nuklearne fisije ili fuzije. Pri kraju drugog svetskog rata, 6. avgusta 1945. godine su od strane SAD na japanske gradove Hirošima i Nagasaki bacene dve različite atomske bombe. Stradalo je oko 200.000 ljudi, mahom civila. Danas nuklearnim oružjem raspolaću SAD, Rusija, Velika Britanija, Francuska, NR Kina, Indija, Pakistan, Severna Koreja i, verovatno, Izrael i Južnoafrička Republika.

Za i protiv korišćenja nuklearne energije:

PREDNOSTI

- ♣ *Postoje ogromne zalihe goriva.*
- ♣ *Mali je uticaj na životnu sredinu (umereno remeti tle i zagađuje vode), izuzev akcidenata.*
- ♣ *Emituje samo 1/6 C₂ u odnosu na sagorevanje uglja.*
- ♣ *Rizik od nesreća je nizak jer postoji višestruka zaštita (izuzev reaktora tipa 15, kakav je bio u Černobilu).*



MANE

- ✓ *Ekonomski neuporedivo skuplja od drugih energija.*
- ✓ *Mali doprinos energiji u mreži.*
- ✓ *Mogući su akcidenti katastrofalnih razmara.*
- ✓ *Strašan uticaj na životnu sredinu u slučajevima akcidenta.*
- ✓ *Ne postoji opšte prohvaćen metod za odlaganje radioaktivnog otpada i gašenje iskorišćenih nuklearki.*
- ✓ *Meta su teroristima.*
- ✓ *Pruža znanje i tehnologiju za proizvodnju nuklearnog oružja.*

U nuklearnim elektranama u svetu se proizvodi 6% ukupne energije, a 13-14% ukupne električne energije. Najviše nuklearki poseduju SAD, Francuska i Japan.

Poređenja nuklearnih i termoelektrana na ugalj daju prikaz prednosti i mana oba vida energana: nuklearna centrala snage 1.000 megavata se jednom godišnje puni gorivom, a termoelektrana na ugalj sa 80 vagona dnevno, što znači ogromne kopove i narušavanje tla.

Prednosti i mane eksploatacije uglja i nuklearne energije:

UGALJ

- *Relativno bogate zalihe.*
- *Veliki doprinos energiji u mreži.*
- *Veoma veliko zagađenje vazduha.*
- *Zemljište veoma poremećeno zbog velikih kopova.*
- *Visoka iskoristivost zemljišta.*
- *Jeftino.*

NUKLEARNA ENERGIJA

- *Bogate zalihe uranijuma.*
- *Mali doprinos energiji u mreži.*
- *Malo zagađenje vazduha.*
- *Zemljište daleko manje poremećeno kopanjem.*
- *Zemljište umereno iskoristivo.*
- *Skupo, čak i sa velikim subvencijama.*

Najgori nevojni nuklearni akcident u svetu do sada je bio 1986. godine u Ukrajini, u Černobilu. Nesreću je uzrokovala loša konstrukcija centrale i ljudska greška. Od 2005. godine 56 ljudi je umrlo zbog emitovane radijacije. Po prognozama stručnjaka više od 4.000 ljudi iz ugroženog područja će se razboleti od raka štitne žlezde i leukemije.

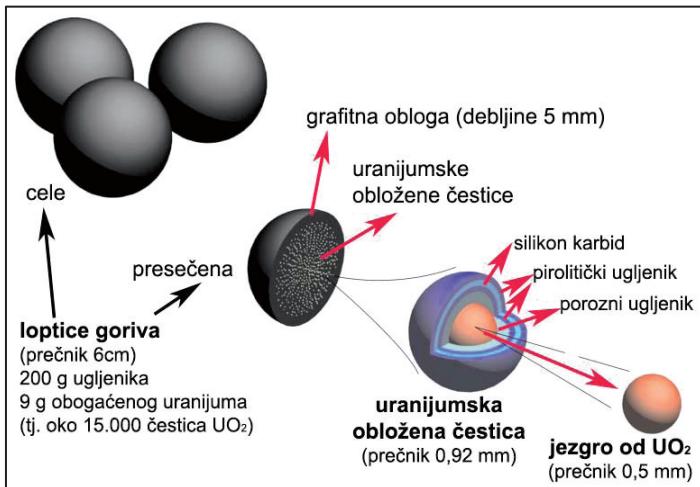
Jak zemljotres od 9 stepeni Rihterove skale koji je 11. marta 2011. potresao sever Japana je izazvao ogroman cunami talas visine 10 m koji je rušio sve pred sobom. Došlo je do bitnih oštećenja (prekinuto je rashladivanje) u nuklearnim reaktorima centrale Fukušima I (to je jedna od najvećih svetskih nuklearki), što je rezultiralo pojačanom radijacijom, pogotovo u krugu prečnika 20 km. Ovaj akcident je alarmirao svetske nuklearne stručnjake u pokušaju da se zaustavi isticanje radijacije iz reaktora. Pokušaj hlađenja vodom nije uspeo, pa se razmišljalo o betoniranju reaktora, tj. podizanju betonskog sarkofaga poput černobilskog.*

1995. godine Svetska banka je zaključila da je nuklearna energija preskupa i previše rizična.

* Rukopis knjige je u konačnoj formi za štampu dovršavan baš u vreme ovih dešavanja, pa zato ovde ostaje nepotpuna informacija. Inače, navedena nuklearka je bila gradjena da izdrži zemljotrese jačine do 7,2 stepena. Nuklearna centrala Fukušima II, udaljena samo 11,5 km od Fukušime I je, na sreću, pri potresu automatski isključila sva četiri reaktora.

2006. godine je otkriveno da nekoliko nuklearki u SAD ispušta radioaktivni tricijum u podzemne vode.

Gradnja više nuklearki neće umanjiti zavisnost od uvoza nafte i neće smanjiti emisiju CO₂ kao što mogu alternativna rešenja. Ciklus nuklearnog gorenja doprinosi emisiji CO₂ više nego turbine na vетар, solarne ćelije, geotermalna energija i vodonik.



Sl. 246. – Nuklearni reaktor sa šljunkom

(modifikovano:

<http://www.pbm.co.za/contenthtml/pictureFX/imgcache/00000044.jpg>

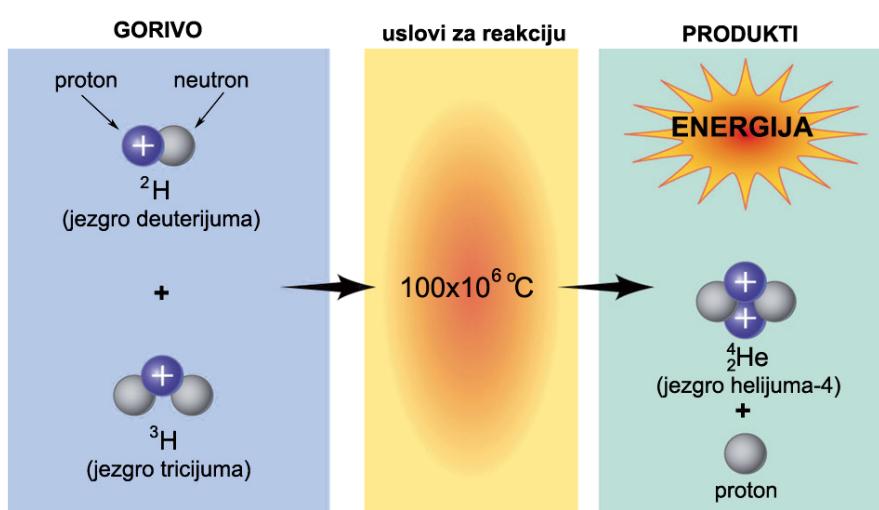
Zbog uočenih problema u vezi sa bezbednošću, tehnolozi su poboljšali konstrukciju nuklearnih reaktora. Novi model reaktora je ispunjen uranijumskim šljunkom, tj. oblucima veličine teniske loptice (objašnjenje je na sl. 246), umesto šipkama i zato manjih dimenzija, čime je na najmanju meru svedena mogućnost da lančane reakcije izmaknu kontroli. Hlađenje bi bilo gasno, tj. pomoću internih ili semiinertnih gasova poput helijuma, azota ili ugljen-dioksida. Međutim, u Nemačkoj i Velikoj Britaniji ovaj dizajn nije odobren. Naime, pošto nema zaštitnog oklopa, ovakav reaktor može da bude laka meta terorista (bilo da pokušaju da ga razore ili da ukradu radioaktivni materijal), produkuje više nuklearnog otpada i time poskupljuje njegovo odlaganje.

Postoji i ideja o korišćenju suprotnog fizičkog procesa za proizvodnju nuklearne energije. **Nuklearna fuzija** je promena jezgara u kojoj po ogromnom temperaturom dolazi do stapanja dva izotopa, npr. vodonika – deuterijuma i tricijuma u helijum (sl. 247).

Pri nuklearnoj fuziji nema rizika od topljenja ili oslobođanja radioaktivnosti.

Mogla bi da se koristi i za uništavanje toksičnih materijala.

Međutim, nuklearna fuzija je još uvek u fazi laboratorijskih ispitivanja.

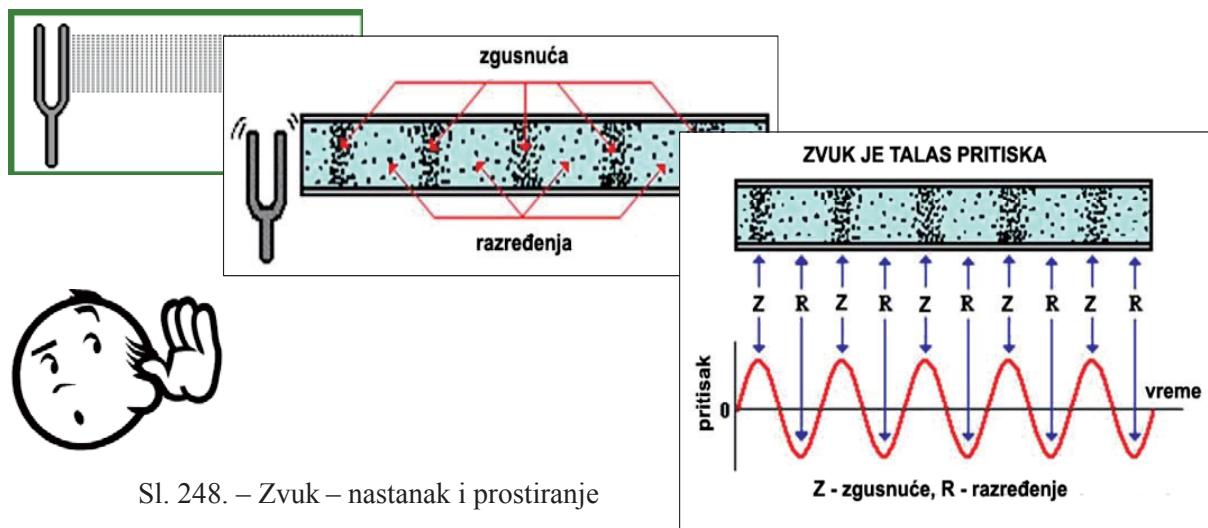


Sl. 247. – Nuklearna fuzija (modifikovano: Miller, 2007)

Za sada u svetu nema saglasnosti oko toga da li se odreći nuklearne energije ili sačuvati i ovu mogućnost u slučaju da alternativna rešenja ne uspeju.

9.2.4. Buka

Zvuk nastaje vibracijom krutih predmeta, koja se do slušaoca (njegovog čula slуха) prenosi kroz elastičnu sredinu u vidu talasa pritiska, tj. naizmeničnih zgasnuća i razređenja čestica sredine (sl. 248). Zvuk ne može da se širi kroz vakuum, pošto on ne sadrži molekule koji bi oscilovali (titrali). Kroz gasove i tečnosti se zvuk širi longitudinalno (molekuli osciluju u pravcu prostiranja zvuka, tj. talas nastavlja kretanje u istom pravcu i smeru), a kroz čvrstu sredinu i transverzalno (poprečno u odnosu na prispeli talas).



Buka je svaki zvuk koji jačinom, bojom ili frekvencijom prelazi ljudske granice podnošljivog (tj. tzv. *prag bola*; tab. 13). Zagađenjem životne sredine se smatra svako prisustvo takvih zvukova.

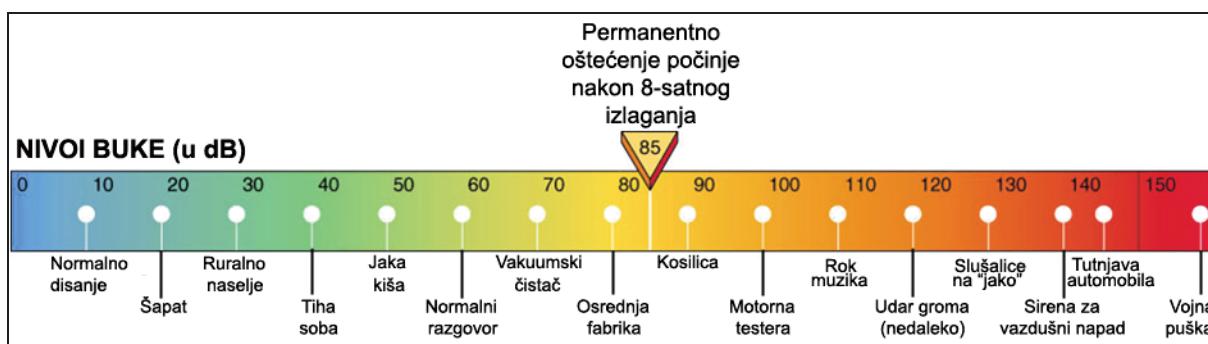
Tab. 13. – Snaga i jačina pojedinih zvukova u ljudskim naseljima

IZVOR	snaga	nivo jačine	# puta PČ
Prag čujnosti (PČ)	$1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$	0 dB	10^0
Šuštanje lišća	$1 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$	10 dB	10^1
Šapati	$1 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$	20 dB	10^2
Normalni razgovor	$1 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$	60 dB	10^6
Ulični saobraćaj	$1 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$	70 dB	10^7
Vakuumski čistač	$1 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$	80 dB	10^8
Veliki orkestar	$6,3 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$	98 dB	$10^{9,8}$
Wokmen na max	$1 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$	100 dB	10^{10}
Prvi redovi na rok-koncertu	$1 \times 10^{-1} \text{ W/m}^2$	110 dB	10^{11}
Prag bola	$1 \times 10^1 \text{ W/m}^2$	130 dB	10^{13}
Podizanje vojnog aviona	$1 \times 10^2 \text{ W/m}^2$	140 dB	10^{14}
Momentalno probijanje bubne opne	$1 \times 10^4 \text{ W/m}^2$	160 dB	10^{16}

Merenjima je utvrđeno da je u ljudskim naseljima nivo buke najviši u zonama uz magistralne puteve i velike saobraćajnice, kao i da se udaljavanjem od njih proporcionalno smanjuje. Problem je pretežno poreklom iz urbanih sredina, industrijskih postrojenja i saobraćaja. Ako pokušamo da klasifikujemo vidove buke u ljudskim naseljima, mogli bi da napravimo sledeću podelu :

- ⊗ kućna buka (preglasna muzika, bučni kućni aparati poput usisivača, bušilica, fenova i sl.),
- ⊗ građevinska buka (pri zidanju ili rušenju objekata),
- ⊗ klupska buka (buka po diskotekama, klubovima, kafeima i sl. mestima najjača je noću, tj. upravo u vreme kada je čoveku fiziološki potreban počinak),
- ⊗ buka prilikom vatrometa i proslava,
- ⊗ industrijska buka,
- ⊗ buka različitih alarma,
- ⊗ saobraćajna buka (svejedno da li je drumski, železnički ili avio saobraćaj) i
- ⊗ buka pasa.

Buka fizički ugrožava živa bića i zdravlje ljudi. Produceno izlaganje slabijoj buci i povremeni jaki zvuci mogu kod ljudi da povećaju unutrašnji stres. Dugo izlaganje jakoj buci, tj. onoj povišenih vrednosti, vodi trajnim oštećenjima čula sluha (sl. 249).



Sl. 249. – Nivoi zvuka i buke poreklom iz raznih izvora (modifikовано: Miller, 2007)

Tabela 14. – Buka i zaštita na radu

dnevna izloženost (sati)	jačina zvuka (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 1/2	102
1	105
1/2	110
1/4 ili manje	115

U privrednim proizvodnim jedinicama, gde je bukom ugroženo zdravlje zaposlenih ljudi, neophodno je sprovođenje mera zaštite na radu. Jedna od njih je ograničavanje boravka zaposlenih u prostorima gde je jaka buka (tab. 14).

Odgovarajuća pravna regulativa mora da postoji. Poslovima sprovođenja kontrole intenziteta buke kod nas bavi se ekološka inspekcija, i to na opštinskom nivou.

U urbanim sredinama, osim prigušivanja emisije iz samih izvora buke, rešenje je i u podizanju što više „tamponirajućih“ zelenih zona (drvoreda, parkova i sl.) oko izvora buke.

Ovakve barijere donekle umanjuju uticaj i prirodnih izvora velike buke, poput snažnih vetrova, velikih morskih talasa, glasanja velikih naseobina ptica i sl.

Međutim, tutnjavu razornih zemljotresa i cunamija, izlivanje vulkanske lave, grmljavu gromova i sl. buku prirodnog porekla je praktično nemoguće utišati.

9.2.5. Degradacija zemljišta

Zemljište je proizvod delovanja prirodnih sila (fizikalnih, hemijskih i bioloških) na mineralnoj osnovi (sl. 91). Njegova degradacija danas je višestruka: iskopavanja ruda, erozije, dezertifikacija, zaslanjivanje i zagađivanje.

Zemljinu koru čine čvrsti neorganski elementi i jedinjenja koji se zovu **minerali**, od kojih neki predstavljaju mineralne resurse.

Mineralni resursi predstavljaju koncentracije materijala prirodnog porekla, u Zemljinoj kori ili na njoj, koji mogu da se iskorištavaju kao sirovine, tj. da se prerade u upotrebljive materijale, po prihvatljivoj ekonomskoj ceni.

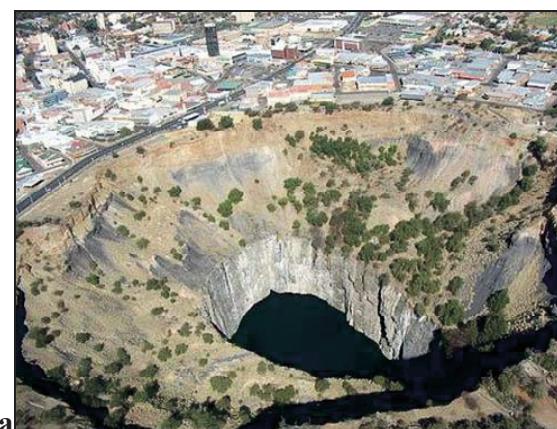
Neobnovljivi energetski i mineralni resursi su svrstani u tri kategorije:

- fosilna goriva (ugalj, nafta),
- metalni minerali (bakar, gvožđe, zlato i dr.) i
- nemetalni minerali (pesak, šljunak).

Minerali se eksploratišu na veoma različite načine, koji se ne razlikuju samo tehnološki, nego i po ceni, po opasnosti za bezbednost ljudi i štetnim posledicama po životnu sredinu.

Zavisno od dubine na kojoj se nalaze minerali, koriste se:

- **površinski (otvoreni) kopovi**: plitko su mineralne naslage i
- **podzemni rudnici**: mineralni slojevi se nalaze duboko.



Sl. 250. – Površinski kopovi i degradacija zemljišta:

a – Kimberley Big Hole (Južna Afrika) – najdublja ikada iskopana jama, 1097 m, zatvorena 1914. godine pošto je iskopano preko tri tone dijamantata;

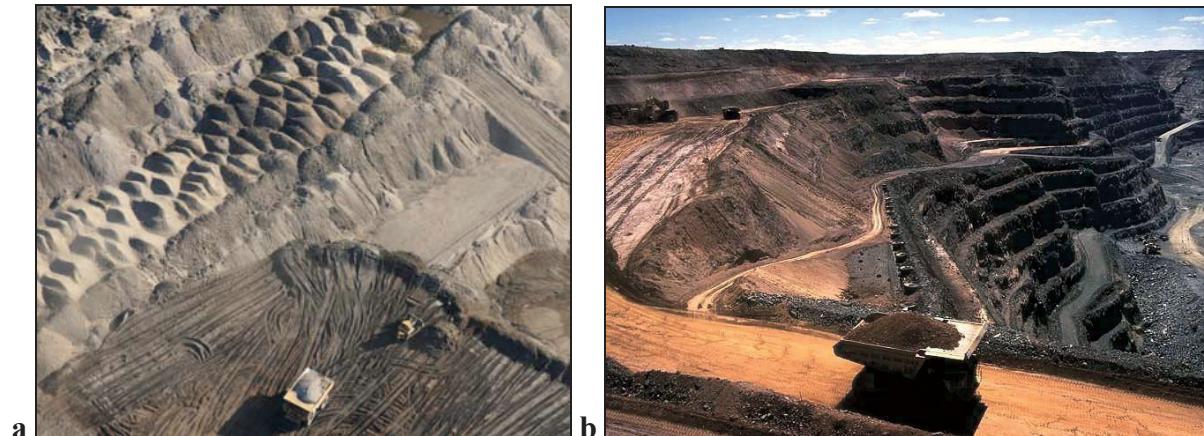
b – Venčac kod Arandželovca – kop mermera

(<http://www.shetellworldtourism.com/wp-content/uploads/2010/09/Kimberly-diamond-national-park-500x375.jpg> i foto student Milica Vukomanović, aprila 2011.)

Otvoreni kopovi su poput rana na površini tla. Mašine kopaju rupe i vade rude, pesak, šljunak i kamenje. Na dnu se mogu akumulirati otrovne podzemne vode. U pitanju su džinovski krateri (sl. 250), koji nakon eksploracije ostaju kao ožiljci u reljefu.

Površinski kopovi mogu biti i trakasti – ogromna rala oru trakaste poteze, a džinovski kopači vade mineralne naslage. Nakon ovoga, ukoliko se teren ne sanira, ostaju eroziji skloni brdašca šljunka nazvana “pokvareni nasipi” sa dubokim brazdama između (sl. 251a).

U planinskim predelima se koristi konturno trakasto rudarenje, nakon kojeg ostaje bedem ostavljen ispred eroziji podložnog nasipa zvanog visoki zid (sl. 251b).



Sl. 251. – Posledice površinskog (a) i konturnog trakastog rudarenja (b).

(<http://cache.daylife.com/imageserve/0aqNdCX7E60JM/610x.jpg> i
http://socioeconomic.files.wordpress.com/2009/02/strip_coal_mining3.jpg)

Eksploracija, prerada i korišćenje mineralnih resursa imaju ogroman uticaj na životnu sredinu.

U izvesnim situacijama naslage rude su ispod planinskih vrhova. Tada moćna mašinerija skida vrhove planina, a nepotrebne stene i zemlja se bacaju u potoke i okolne doline (sl. 252). Reljef se tako bitno menja, a lančano nastupa i serija promena u predelu, uključujući i menjanje ekosistema.



Sl. 252. – Skidanje planinskih vrhova radi rudarenja

(<http://yusufwibisono.files.wordpress.com/2008/03/papua.jpg>)

nim cenama, ali štetne posledice po životnu sredinu mogu da ograniče ove mogućnosti. Izdvajanje većine minerala iz morske vode, iz okeanskih dubina ili sa Antarktika je preskupo, a postoje i međunarodne prepirke oko vlasništva nad njima.

Osim fizičke degradacije tla, posledice rudarenja mogu biti i druge. Metalne rude se tope ili tretiraju (potencijalno toksičnim) hemikalijama, kako bi se izdvojio željeni metal. Nakon ovoga procesa ostaje ogromna količina materijala zvanog jalovina, koji najčešće biva samo odlagan u vidu deponija. Gomile ovog toksičnog materijala menjaju izgled predela, ali i zagađuju okolne ekosisteme preko ocednih voda, nanosa vetrom, erozije i spiranja. Često se u njihovom središtu obrazuju i jezera otrovne vode. Rekultivacija, tj. oživljavanje ovih novih brda nije jednostavan, a ni kratkotrajan proces.

Korišćenje mineralnih resursa u budućnosti zavisi od mogućnosti da se obezbedi njihova eksploracija i od brzine kojom se danas iscrpljuju.

Rastuća cena retkih mineralnih resursa može da poveća njihovo obezbeđivanje i da podrži efikasniju upotrebu, tj. bolju iskorišćenost, sa manje jalovine.

Nove tehnologije mogu da povećaju iskopavanje nisko kvalitetnih ruda po pristupač-

Zapravo svi koraci u ekstrakciji, preradi i korišćenju neobnovljivih prirodnih mineralnih i energetskih resursa degradiraju prirodna dobra.

Postupci (koraci) i posledice pri korišćenju mineralnih i energetskih resursa iz zemljišta:

KORACI

- *Kopanje, ispitivanje, ekstrakcija rude.*
- *Prerada: transport, prečišćavanje i koncentracija, topljenje, obrada do upotrebnog proizvoda ili energije.*
- *Korišćenje: transport do pojedinačnog korisnika, upotreba i bacanje iskorišćenog.*

POSLEDICE PO ŽIVOTNU SREDINU

- *Poremećena površina tla; rudni otpad, buka, vrelina, eventualne nesreće; rizik po zdravlje ljudi; narušen sklad i lepota predela.*
- *Čvrst i potencijalno i radioaktivni otpad, zagađeni vazduh, tlo i vode, buka, vrelina; eventualne nesreće; naružen predeo.*
- *Buka, zagađenje vazduha, voda i tla; čvrst i potencijalno radioaktivni otpad; eventualne nesreće; narušen sklad predela.*

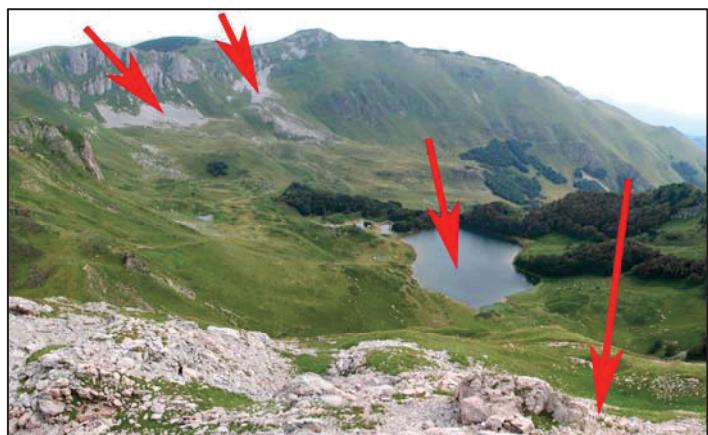
Rešenja za održivije korišćenje mineralnih i energetskih resursa su višestruka. Ipak, najbolje je ne traći ove prirodne resurse, ili bar reorganizovati tehnološke postupke tako da crpu manje rudnih resursa i samim tim produkuju manje otpada i drugog zagađenja. Naučnici i inženjeri razvijaju nove tipove materijala, koji uspešno zamenuju mnoge metale, a njihova proizvodnja i korišćenje manje su štetni po životnu sredinu. **Reciklaža** dragocenih i retkih metala štedi novac i ima manji negativni uticaj na životnu sredinu nego njihovo iskopavanje i ekstrakcija iz ruda. Cilj je dostići to da se 60–80% mineralnih resursa reciklira i ponovo koristi. Mineralni otpaci iz jedne proizvodnje mogu biti sirovina za druge proizvodne procese. Smanjene državne subvencije za iskopavanje, a povećane za reciklažu mineralnih resursa bilo dodatni stimulans ovoj grani privrede.

Osim rudarenja degradacija zemljišta su i erozije, dezertifikacija i zaslanjivanje zemljišta.

Erozija zemljišta je premeštanje komponenti zemljišta, pogotovo stelje i površinskog sloja, usled delovanja veta (tzv. eolska erozija) ili vode (bujična i lednička erozija) (sl. 253).

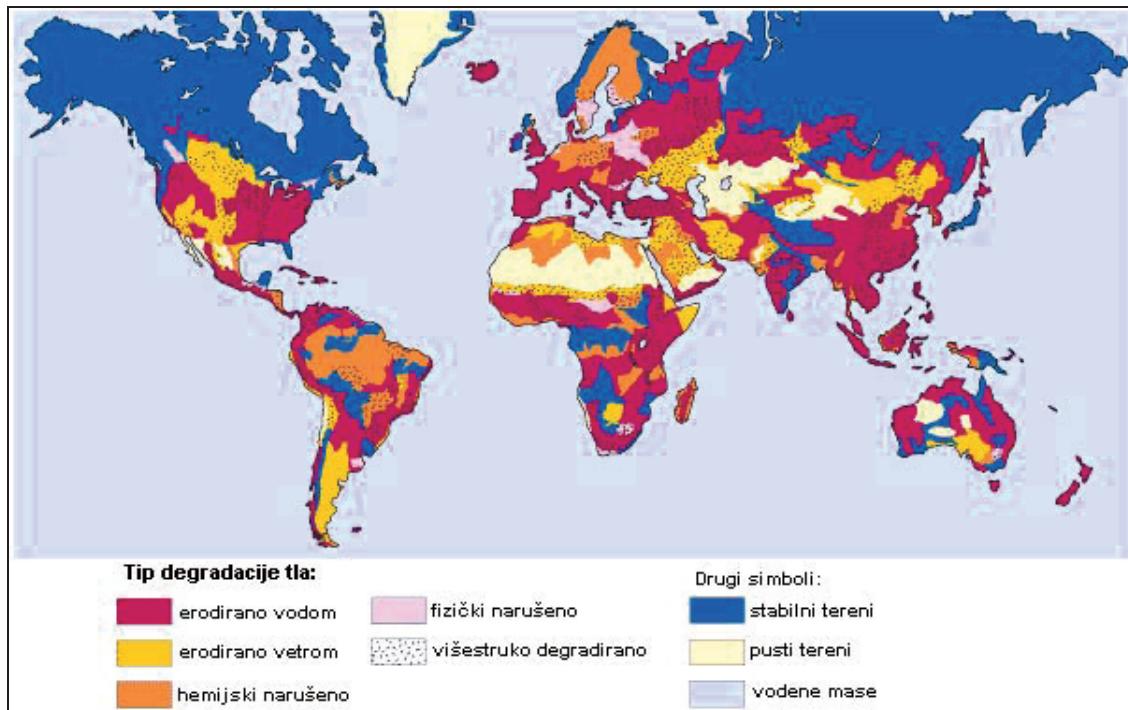
Sve je veća usled ljudskih aktivnosti, poput podizanja farmi, seče šuma, gradnje, preterane ispaše i provođenja saobraćajnica, koje olakšavaju destruktivno dejstvo vode ili vetrova.

Zemljište brže erodira, nego što se formira na preko jedne trećine svetske površine (sl. 254).

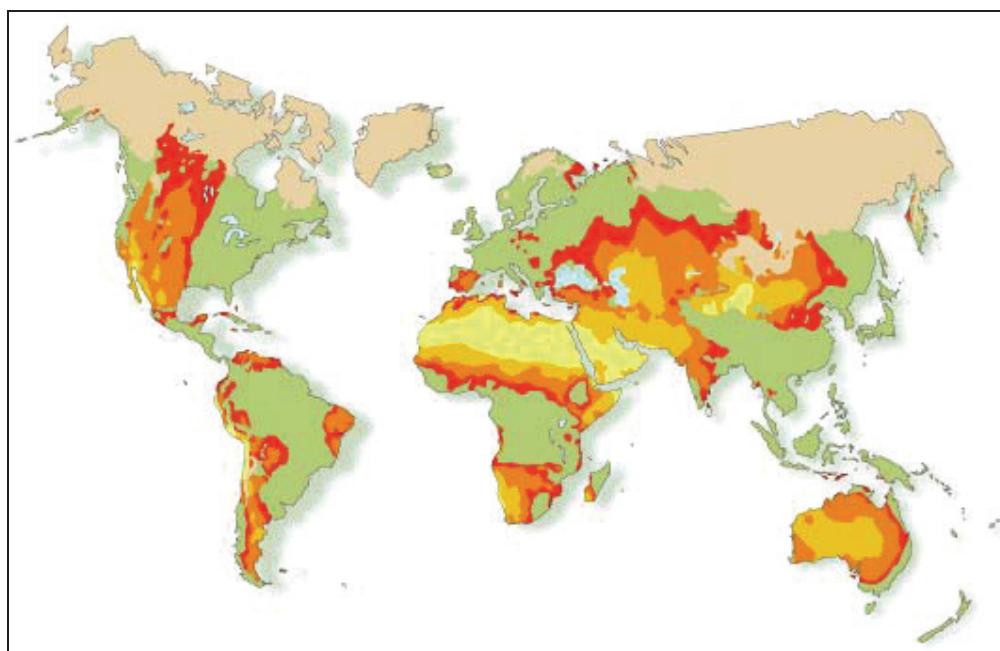


Sl. 253. – Posledice erozije tla vodom na Bjelasici – sipari, stene i ledničko Pešića jezero
(foto Petar Stanišić, 2005)

Dezertifikacija (prevođenje u pustinje) je još jedan vid degradacije zemljišta. Odvija se u suvim (aridnim), polusuvim (semiaridnim) i suvim poluvlažnim (suvi subhumidnim) područjima na Zemlji pod dejstvom klimatskih promena i ljudskih aktivnosti kojima je upropasćen ili stanjen površinski sloj tla. Čak je približno jedna trećina svetskog kopna izgubila plodnost iz ovih razloga (sl. 255)!



Sl. 254. – Degradiranost zemljišta u svetu (<http://www.fao.org/docrep/004/y3557e/y3557e22.gif>)



Sl. 255. – Dezertifikacija u svetu (stanje 2000. godine):
svetlo žuto – hiper aridno tle, žuto – aridno, narandžasto – semiaridno, crveno – suvo subhumidno
(<http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/Resources/Image849.gif>)

Zaslanjivanje tla takođe smanjuje njegovu plodnost. Ponavljanja irigacija (navodnjavanje) može da smanji prinose, jer izaziva porast prisustva soli u tlu i nagomilavanje vode ispod gajenih biljaka. Vode kojima se navodnjavaju agrarne površine sadrže niske koncentracije soli. Evaporacija i transpiracija ostavljaju soli u tlu, gde se one više nagomilavaju. Biljke koje podnose zaslanjeno tlo su halofite. Voda od padavina i navodnjavanja se, osim toga, i cedi naniže, čime povećava količinu vode nakupljene u vodonosnom sloju iznad nepropusne

gline, čime se podiže nivo podzemne vode i može da ugrožava korenski sistem biljaka. Ukoliko je i ta voda slana, još manji broj biljaka će uspeti da izdrži.

Rekultivacija slanih zemljišta je izuzetno skupa, ako se proizvođač odluči na ispiranje tla ili ugradnju podzemnog drenažnog sistema. Rešenje može biti i u prekidu uzgajanja kultura u trajanju 2-5 godina, ili smanjenju navodnjavanja i sadnji kultura otpornih na soli (ječam, pamuk, šećerna repa).

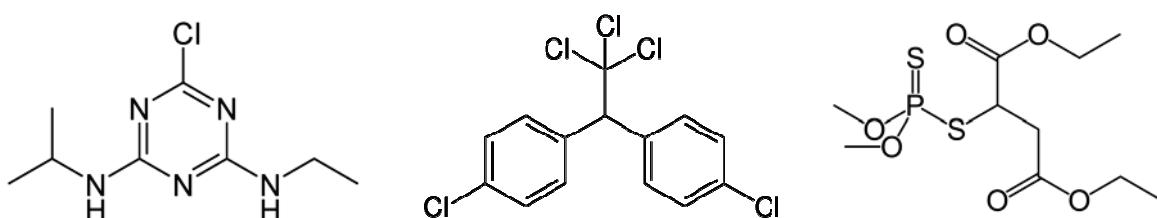
Zagadivanje zemljišta je, kao i zagađenja ostalih životnih sredina, direktna posledica porasta broja stanovnika na Zemlji, tj. naraslih industrijskih, poljoprivrednih i urbanih uticaja.

Izvori zagađenja zemljišta su: zagađeni vazduh i voda, pesticidi, deponije i razni otpad.

Sa druge strane, zagađeno zemljište zagađuje vodu putem kružnog toka materija.

Pesticidi su hemijska sredstva (sl. 256) borbe (ubijanja, teranja ili smanjenja broja) sa nepoželjnim organizmima (štetočinama i korovima) prevashodno u biljnoj proizvodnji (u zemljoradnji i šumarstvu), ali i urbanoj higijeni (za suzbijanje glodara, komaraca i dr.) i stočarstvu. Naziv je složenica od engleske reči pest = štetočina i latinske cedo = ubiti. Proizvodnjom pesticida se bavi fitofarmacija. Zavisno od toga protiv kojih se organizama primenjuju i kako, pesticidi mogu biti:

- ☞ akaricidi (protiv pregljeva, tj. grinja i krpelja),
- ☞ fungicidi (protiv patogenih gljiva),
- ☞ herbicidi (protiv neželenih biljaka),
- ☞ insekticidi (protiv insekata),
- ☞ limacidi (za suzbijanje puževa),
- ☞ korvicidi (za uništavanje vrana),
- ☞ rodenticidi (protiv glodara),
- ☞ antibiotici (inhibiraju ili ubijaju druge mikroorganizme),
- ☞ atraktivna sredstva (služe za privlačenje izvesnih štetočina u klopke),
- ☞ repulzivna sredstva (materije koje odbijaju štetočine),
- ☞ fiziotropi (inhibiraju ili stimulišu rast biljaka).



Sl. 256. – Hemijske formule tri pesticida: atrazin (2-hloro-4-(etilamino)-6-(izopropilamino)-s-triazin), DDT (dihlordinfeniltrihloretan) i malation (en.wikipedia.org/wiki/)

Međutim, pored toksičnog dejstva na ciljnu grupu nepoželjnih organizama, pesticidi su toksični i po zdravlje ljudi. Godišnje u svetu umre oko 20.000 ljudi od posledica izlaganja pesticidima!

Njihovom upotreboom se remeti ravnoteža u biocenozi, menja njen sastav, a pogotovo u pedoflori (naročito stradaju mikroorganizmi) i pedofauni. Kao reakciju na sve veću primenu pesticida, štetočine razvijaju rezistentne forme, pa fitofarmacija mora konstantno da sintetiše sve nove i nove pesticide, a prirodno okruženje je sve zatrovaniye zbog kumulativnog efekta. Npr. na velikim plantažama se za proizvodnju kvalitetnih (?) jabuka godišnje primenjuje 12 tretmana pesticidima od zametanja pupoljaka do berbe.

Primena pesticida nekada nema alternativu. Kao primer može poslužiti neophodnost prskanja krompira protiv zlatice. Naime, do pre 40 godina ova mera je bila izlišna, jer zlatice još nije bilo u našim krajevima, a sada je upotreba insekticida protiv nje neminovna.

Da bi se trovanje pesticidima kroz hranu svelo na minimum, u većini država postoje strogi propisi o tolerantnoj granici *rezidua pesticida u namirnicama*. Ona se izražava u ppm (parts per milion tj. broju delova aktivne supstance na milion težinskih delova hrane).

Primena pesticida treba da se smanji, a uvodi što više **bioloških načina borbe** (korišćenje prirodnih predatora, parazita – sl. 257a, uzročnika bolesti i sl.) sa neželjenim organizmima, kako bi štete po životnu sredinu bile što manje.



Sl. 257. – Mogući biološki načini borbe sa štetočinama u biljnoj proizvodnji: parazitizam (a) i genetički inženjerинг (b – uporedni prikaz obične i genetičkim inženjerингom proizvedene biljke).

(http://envirokid.files.wordpress.com/2010/01/wasp_01.jpg i
http://genomics.ucr.edu/images/grants/wild_transgenic.jpg)

Drugi način za kontrolu štetočina može biti genetički inženjerинг. Genetički inženjerинг (sl. 257b) može da se upotrebni za razvoj sojeva biljaka i životinja otpornih na štetočine (npr. tako dobiveni paradajz je daleko manje oštećen od strane gusenica) i bolesti. Ali sa druge strane niče problem jer transgeni organizmi nisu evolucijom nastali, pa je nepoznanica kako će se njihovo prisustvo odraziti na prirodne organizme ako dođe do ukrštanja, kakve će biti reperkusije u ekosistemima, kako će njihovo konzumiranje uticati na zdravlje i genom ljudi i dr. U svetu je sve veći otpor proizvodnji GM (genetički modifikovane) hrane.

Deponije smeća (otpada) su poseban problem, jer zagađuju sve tri životne sredine (vazduh, vodu i tle).

Smeće (otpad) je svaki neželjeni materijal koji bacamo. Može biti tečan, gasovit ili čvrst.

Deponije su mesta gde se uglavnom odlaže **čvrsti otpad**.

Čvrsti otpad može biti *komunalni* (potiče iz kuća i naselja) i *industrijski* (indirektno nastao u procesima proizvodnje roba ili usluga). SAD proizvode oko jedne trećine svetskog čvrstog otpada, a više od polovine toga zakopavaju. Od toga oko 98,5% je industrijski, a ostatak (svega 1,5%) komunalni čvrsti otpad. Bacanje otpada je u suštini **tračenje resursa**, neracionalno po zakonitostima u ekonomiji prirode, jer se ogromna količina materije nagomilava beskorisno, tj. ne uključuje u prirodne tokove kruženja materije. Osim toga može da bude opasno po život i zdravlje živoga sveta, jer se većina svetskog čvrstog otpada zakopava na deponijama sa kojih je moguće očekivati curenje toksičnih tečnosti u zemljište i podzemne vodonosne slojeve.

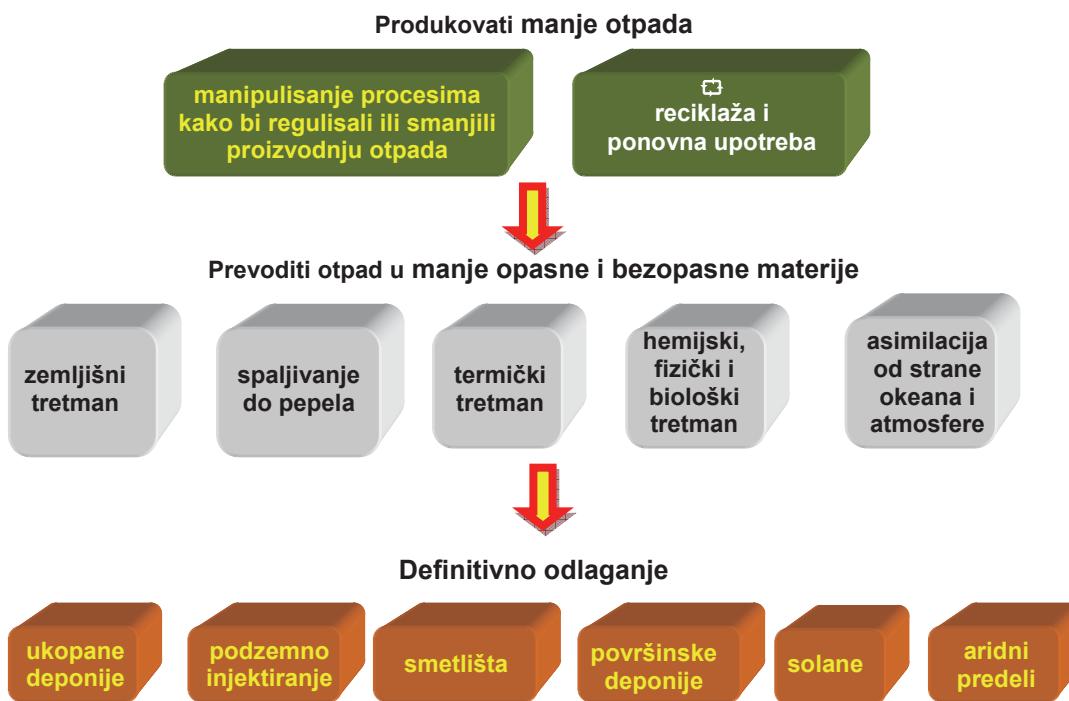
Naročito je teško naći načine za bezopasno odlaganje ili uništavanje opasnog otpada, poput medicinskog i nuklearnog.

Opasan otpad je bilo koji bačeni čvrsti ili tečni materijal koji je toksičan, zapaljiv, korozivan ili dovoljno reaktivan da dovede do eksplozije ili oslobođanja toksičnih dimova ili zračenja, ili drugačije potencijalno opasan po zdravlje ljudi i životinja. Četiri najveće grupa-

cije opasnih otpada su organska jedinjenja (npr. pesticidi, PCB-i*, dioksini), toksični teški metali (npr. olovo, živa, arsen), radioaktivni i medicinski otpad.

Opasan otpad je, praktično, svuda oko nas. Naime, mnogo sredstava koja svakodnevno koristimo u domaćinstvu, bašti ili za održavanje automobila nakon iskorišćavanja postaju opasan otpad! Takvi su npr. dezinfikatori, čistači slivnika, toaleta i prozora, odstranjivači fleka, boje na bazi lateksa i nafte, razredivači, rastvarači i skidači boje, boje, lakovi i sl., zaštitni premazi za drvo, sličarske boje i mastila, baterije sa suvim čelijama (kadmijumske ili živine), lepkovi, cementi, pesticidi, benzin, iskorišćeno motorno ulje, antifroz, kiselina iz akumulatora, tečnosti za kočnice i menjač, inhibitori rđanja i odstranjivači rđe...

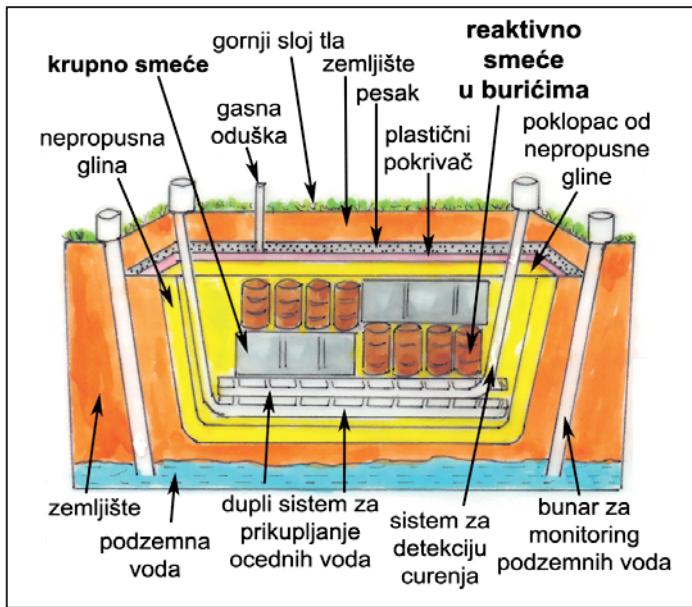
Moguća rešenja ovoga problema su da proizvodimo manje opasnog otpada i da ga recikliramo, ponovo koristimo, detoksifikujemo (fizičkim, hemijskim ili biološkim metodama), spalimo ili zakopamo (sl. 258). Od koristi je i donošenje zakona (poput važećeg u SAD) koji obavezuje zagadivače da plate čišćenje mesta na kojima su odlagali opasni otpad.



Sl. 258. – Moguća rešenja problema opasnog otpada (modifikovano: Miller, 2007)

Fizičke metode za prevođenje opasnog otpada u manje opasne materije je npr. korišćenje aktivnog uglja ili smola za izdvajanje opasnih materija. Drugi način je *spaljivanje do pepela*: zagrevanje mnogih opasnih otpada na visokim temperaturama (do 2.000°C) u spalionici može da ih razloži i prevede u manje opasne ili bezopasne hemikalije. Rešenje može biti i *plazma- (ionizaciona) električna lampa*: provođenjem električne struje kroz gas se izaziva električni luk i u visokoj temperaturi materija prevodi (ovako može da se razloži opasan tečni ili čvrsti organski materijal). *Duboki podzemni bunari* kao i *na površini iskopani bazeni* mogu da budu načini za odlaganje opasnog otpada, ali ne uvek bezbedni jer su moguće kontaminacije podzemnih voda usled curenja iz cevi (naprsmuća mogu biti uzrokovana klizanjem tla, zemljotresima i sl.) i zagadivanje vazduha isparenjima. Mana ovih načina odlaganja je i što oni zapravo stimulišu produkciju otpada, pošto ljudima na prvi pogled deluje da je problem lako rešiv pošto se ovakva odlagališta mogu brzo i jeftino izgraditi.

*polihlorovani bifenili – koriste se kao rashlađivači u transformatorima, kondenzatorima i rashladnim uređajima. Njihova proizvodnja je u SAD zabranjena 1979. godine, a 2001. i u svetu, Stokholmskom konvencijom.



Sl. 259. – Bezbedna ukopana deponija za opasni otpad
(kreirano prema Miller, 2007)

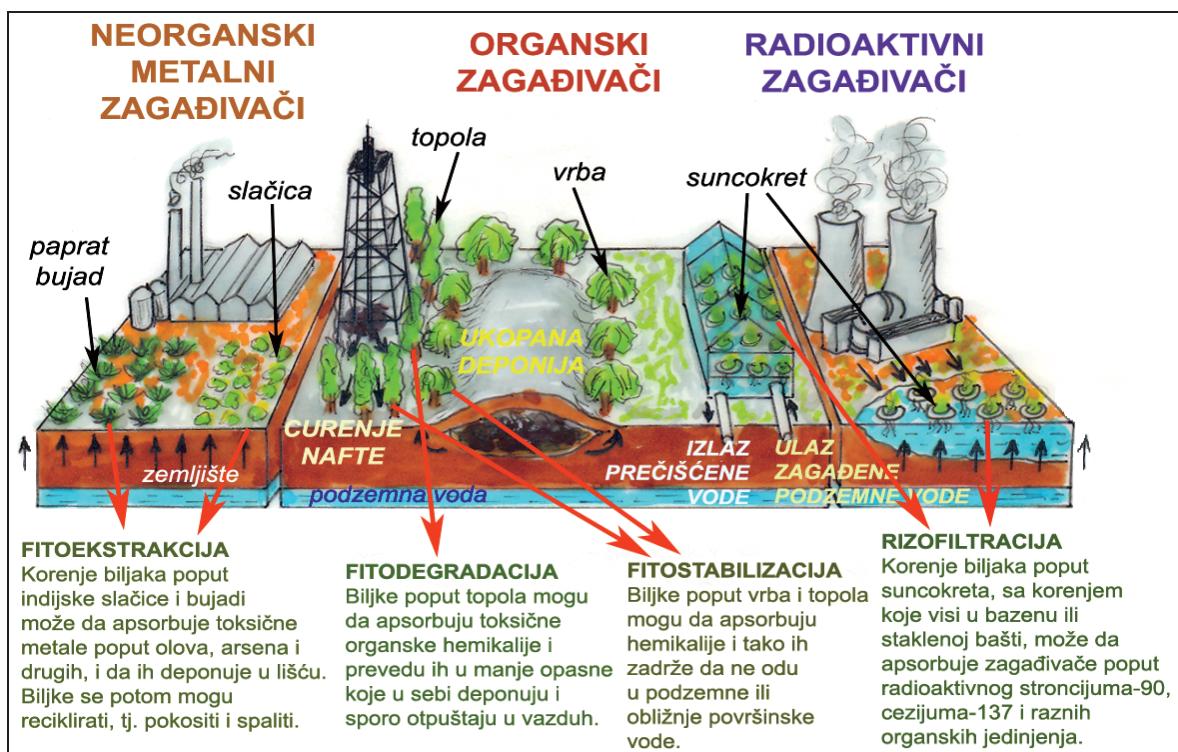
Dugotrajno deponovanje opasnog otpada može biti *dugoročno više-kratno deponovanje* (neke visokotoksične materije ne mogu biti detoksikovane ili uništene, već se odlazu u metalne rezervoare smeštene u zone koje mogu da budu nadzirane i obnovljene) ili *bezbedne ukopane deponije* (ponekada se opasni otpadi smeste u rezervoare i zakopaju u pažljivo konstruisana i nadzirana mesta, sl. 259).

Hemijske metode podrazumevaju korišćenje hemijskih reakcija za prevodenje opasnih materija u manje opasne ili bezopasne oblike.

Biološke metode (sl. 260):

✓ **bioremedijacija:** bakterije ili enzimi pomažu da se toksični i opasni otpad uništi ili prevede u bezopasne materije;

✓ **fitoremedijacija:** uključuje korišćenje prirodnih ili genetičkim inženjerstvom formiranih vrsta biljaka da apsorbuju, filtriraju ili odstrane zagađujuće materije iz zagađenoga zemljišta ili vode.



Sl. 260. – Biološke metode za rešenje problema opasnog otpada (modifikovano: Miller, 2007)

Poseban problem predstavlja dugovečnost, tj. skoro nemoguće razlaganje, sintetičkih materijala (poput plastične ambalaže).

Šta svako od nas može da učini po pitanju opasnog otpada?

☒ **Izbegavati korišćenje pesticida koliko god je moguće.**

- ☒ **Koristiti manje opasne supstance umesto komercijalnih hemikalija za većinu kućnih čišćenja.** Npr. tečni amonijak za čišćenje aparata i prozora; sirće za poliranje metala, čišćenje površina i uklanjanje mrlja i gara; bikarbonu sodu za čišćenje posuđa, dezodoriranje i uklanjanje mrlja; boraks za uklanjanje mrlja i gareži i sl.
- ☒ **Ne širiti po životnoj sredini pesticide, boje, razređivače, naftu, ulja, antifriz i dr. proizvode koji sadrže opasne hemikalije tako što ih sipamo u toalet, cevi, zakopavamo u smeću, bacamo sa ostalim smećem ili pored vodotoka i odvoda za zaštitu od bujica.**

Oovo je naročito opasno po decu, a još se koristi u benzinu i zidnim bojama u oko 100 zemalja sveta. Razne su mogućnosti za prevenciju i kontrolu prisustva olova u životnoj sredini:

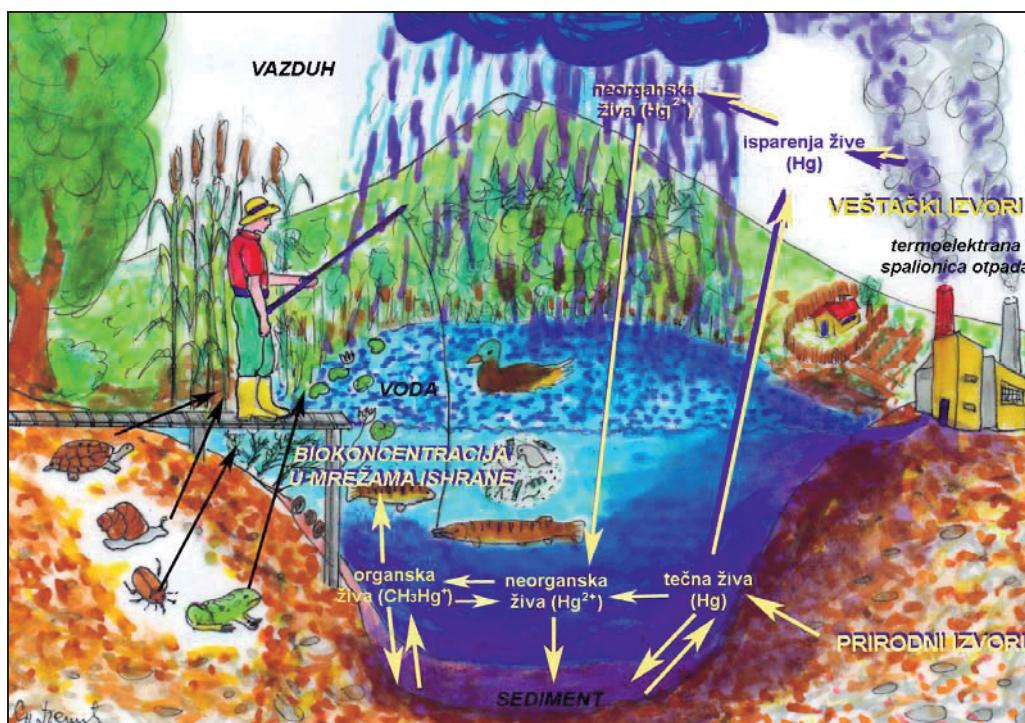
PREVENCIJA

- ♣ *Svuda u svetu izbaciti olovni benzin iz upotrebe .*
- ♣ *Obustaviti spaljivanje otpada.*
- ♣ *Od prve godine života testirati krv ljudi na prisustvo olova.*
- ♣ *Zabraniti olovno lemljenje.*
- ♣ *Zabraniti ugradnju olova u TV i kompjuterske monitore.*
- ♣ *Zabraniti upotrebu olovne glazure za kearmičko posuđe.*
- ♣ *Zabraniti upotrebu sveća sa olovom.*

KONTROLA

- ✓ *Osetno smanjiti emisiju olova iz starih i novih spalionica otpada.*
- ✓ *Zameniti olovne vodovodne cevi I ne koristiti olovni lem u gradnji vodovoda.*
- ✓ *Ukloniti olovne boje prašinu iz starih zgrada.*
- ✓ *Ukloniti oovo iz odbačenih TV aparata i kompjuterskih monitora pre spaljivanja ili zakopavanja.*
- ✓ *Proveriti da li u keramičkom posuđu ima olova.*
- ✓ *Proveriti da li sveće sadrže oovo.*
- ✓ *Dobro prati sveže voće i povrće.*

Živa u životnu sredinu dospeva uglavnom sagorevanjem uglja i spaljivanjem otpada (sl. 261) i može se u visokim koncentracijama nakupiti u mesu nekih vrsta riba.



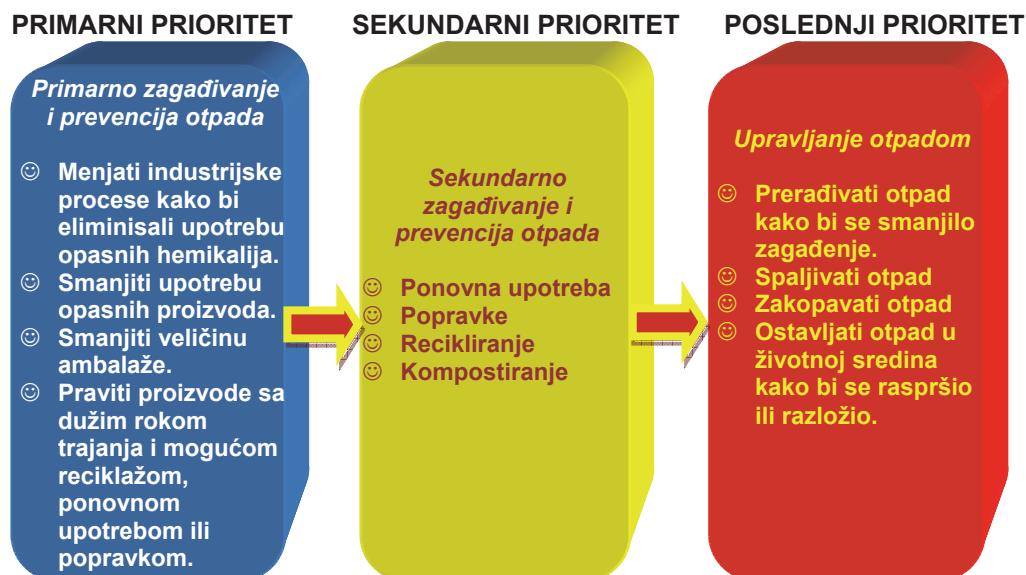
Sl. 261. – Putevi žive u životnoj sredini (kreirano na osnovu Miller, 2007 i http://www.mercuryinschools.uwex.edu/lib/images/curriculum/hg_cycle.jpg)

Postoje li rešenja?

Mogu biti *preventivna* (odustati od spaljivanja otpada; pre spaljivanja uglja odstraniti živu; prevesti ugalj u gasovito ili tečno gorivo, ili preći sa uglja na prirodni gas i obnovljivu energiju, poput vetra, solarnih ćelija i vodonika; odustati od korišćenja žive u proizvodima, izuzev ako su reciklirani) i *kontrolna* (osetno smanjiti emisiju žive iz termoelektrana na ugalj i spalionica otpada; oporezovati svaku jedinicu žive emitovanu u spoljašnju sredinu; sakupljati i reciklirati živine električne lampe, releje i baterije sa suvim ćelijama; zahtevati etikete na proizvodima koji sadrže živu).

Narastajući problem u svetu je i **elektronski otpad** (e-otpadi), jer se tehnološkim razvojem drastično povećava brzina smene generacija aparata koje svakodnevno koristimo, a bez kojih danas i ne možemo (mobilni telefoni, računari, TV prijemnici, razni audio-uređaji itd.). Ovaj otpad se sastoji i od toksičnog i opasnog materijala poput PVC, olova, žive, kadmijuma. SAD proizvode skoro polovinu svetskog e-otpada, ali recikliraju svega 10% od toga.

Sva rešenja problema otpada bi po nivou prioriteta mogla biti razvrstana u tri kategorije (sl. 262).

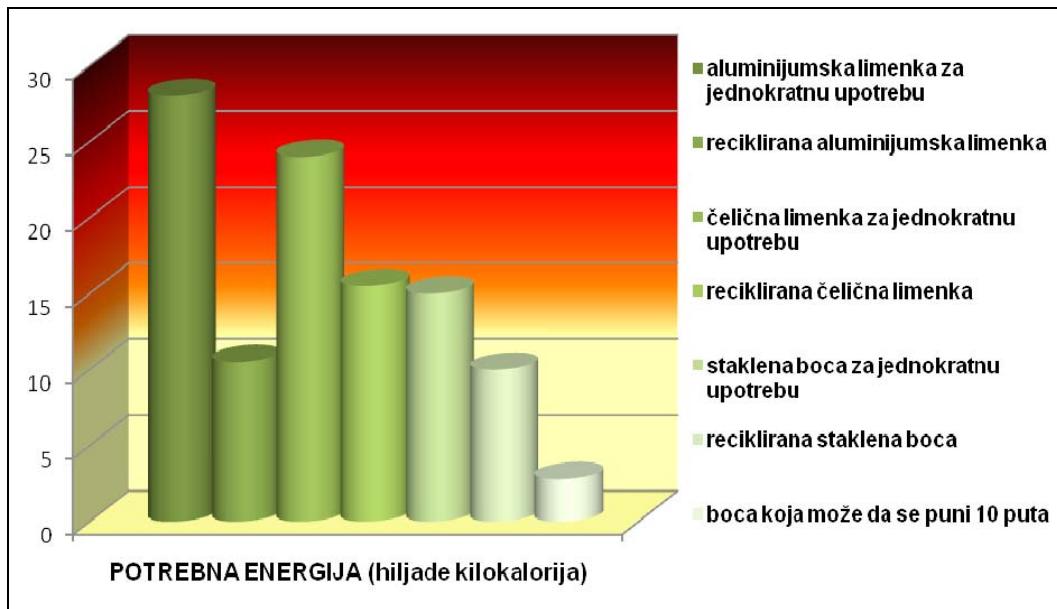


Sl. 262. – Moguća rešenja problema otpada (modifikovano: Miller, 2007)

Rešenja problema čvrstoga otpada se svode na smanjivanje njegove proizvodnje. Kako? Moguće je:

- ☒ **odbiti** kupovinu stvari koje nam, zapravo, ne trebaju;
- ☒ **smanjiti potrošačke apetite**, tj. trošiti manje i živeti jednostavnije i manje stresno;
- ☒ **ponovo koristiti** - više se oslanjati na proizvode koji mogu da se iznova i iznova više-kratno koriste;
- ☒ **menjati namenu** - koristiti nešto u druge svrhe od onih kojima je prvobitno namenjeno;
- ☒ **reciklirati** papir, staklo, limenke, plastiku i dr. što tehnološki može i kupovati proizvode napravljene od recikliranih materijala (ovime, umesto da budu odložene i «guše» prirodne ekosisteme, ogromne količine materija bivaju vraćene ljudskom društву na upotrebu).

Oko 55% komunalnog čvrstog otpada u SAD završava na smetlištima, 30% se reciklira ili kompostira, a 15% spaljuje u pećima.



Sl. 263. - Energija potrebna za proizvodnju različite ambalaže
(bazirano na Miller, 2007)

Ponovna upotreba predmeta je važan način za manje trošenje resursa sa jedne, i smanjenje količine otpada i zagadenja sa druge strane. To je moguće u visoko razvijenim državama, gde se otpad prethodno selektuje i poštju pravila zaštite na radu zaposlenih na deponijama. Međutim, u zemljama u razvoju ovo može da bude rizično za sirotinju koja radi na otvorenim deponijama, jer ti ljudi mogu biti izloženi otrovima i infektivnim bolestima.

Ponovno punjenje i novo korišćenje ambalaže znači manji utrošak resursa i energije (sl. 263)*, manje otpada, štednju novca i nova radna mesta. Tako su u Danskoj i na kanadskom ostrvu Princ Edvard zabranjeni svi napici čija ambalaža ne može opet da se koristi. U Finskoj 95% napitaka i alkoholnih pića je u pakovanjima koja mogu da se ponovo pune (u Nemačkoj 75%).

Šta svako od nas može da učini po pitanju ponovnog korišćenja stvari i smanjenja čvrstoga otpada na taj način?

ČVRSTI OTPAD

- ☒ *Poštuj pravilo: odbaci, smanji, ponovo koristi, promeni namenu i recikliraj.*
- ☒ *Zapitaj se za šta Ti stvarno treba data stvar.*
- ☒ *Zakupi, iznajmljuj, ili trampi robu i usluge koje možeš.*
- ☒ *Kupuj stvari koje su već korišćene, mogu biti reciklirane ili kompostirane i ponovo ih koristi, promeni im namenu, recikliraj ili kompostiraj.*
- ☒ *Ne koristi plastične tanjire, čaše, šolje i pribor za jelo i drugo za šta postoje pandani u vidu višekratno upotrebljivih stvari.*
- ☒ *Ponovo napuni česmenskom vodom i koristi balone i boce za vodu.*

PONOVNO KORIŠĆENJE

- ☒ *Kupuj piće u staklenim bocama koje mogu ponovo da se pune umesto u limenkama ili bocama za jednokratnu primenu .*
- ☒ *Koristi dugo upotrebljive metalne ili plastične kutije za ručak.*
- ☒ *Čuvaj sendviče i drugu hranu u frižideru u plastičnim kutijama koje možeš dugo da koristiš, umesto u plastičnoj ili aluminijumskoj foliji.*
- ☒ *Koristi baterije koje se pune, a kada im istekne rok daj ih na reciklažu.*
- ☒ *Bakaluk drži u korpi koju možeš dugo da koristiš, ili u torbi, mrežici, kolicima.*

* Kalorija (cal) je stara (pre uvođenja SI sistema) jedinica za energiju. Definisao ju je Nicolas Clément 1824 godine kao jedinicu toplosti. U SI sistemu je zamjenjena džulom (J). Velika kalorija (kilokalorija, kalorija u ishrani; simbol Cal) odgovara energiji potreboj da se jednom litru vode povisi temperature za 1°C, što je zapravo 1000 cal ili približno 4,2KJ.

- ☒ *Koristi e-mail umesto konvencionalnog pisanja pisama.*
- ☒ *Čitaj novine i časopise online.*
- ☒ *Kada god je moguće kupuj koncentrovane proizvode.*

- ☒ *Koristi sunđer za kupanje i platnene pelene, krpe za sudove i tekstilne maramice umesto papirnih i plastičnih.*
- ☒ *Kupuj korišćeni nameštaj, kompjutere, kola i dr.*
- ☒ *Daj ili prodaj drugome stvari koje sam ne koristio.*

Možemo u kupovinu sa platnenim torbama, kutijama za hranu, korpama za kupovinu, možemo da pozajmljujemo stvari sa berzi za pozajmice. Mnoge zemlje u Evropi i Aziji naplaćuju plastične kese pri kupovini i tako smanjuju njihovu upotrebu.



Reciklaža može da bude *primarna* (zatvoreni prsten u kojem se od jednih proizvoda nanovo prave proizvodi iste namene) ili *sekundarna* (otpadni materijali se prerađuju u proizvode drugačije namene, npr. iskorišćene auto-gume se prevode u masu koja se koristi za gumifikaciju površine saobraćajnica, a novine u izolacioni materijal).

Kompostiranje biodegradabilnog (biološki razgradivog) organskog otpada podražava prirodu tako što reciklira biljne nutrijente u zemljište. Reciklaža papira ima brojne prednosti po životnu sredinu (prvenstveno smanjenje zagađenja i obešumljavanja) i ekonomiju (manji su troškovi), a lako je izvodljiva.

Pre tri-četiri decenije i u našoj zemlji se stanovništvo (pogotovo škole) intenzivno uključivalo u akcije sakupljanja sekundarnih sirovina (uglavnom starih novina i staklenih boca). Sada se time bave komunalne institucije ili preduzetnici.

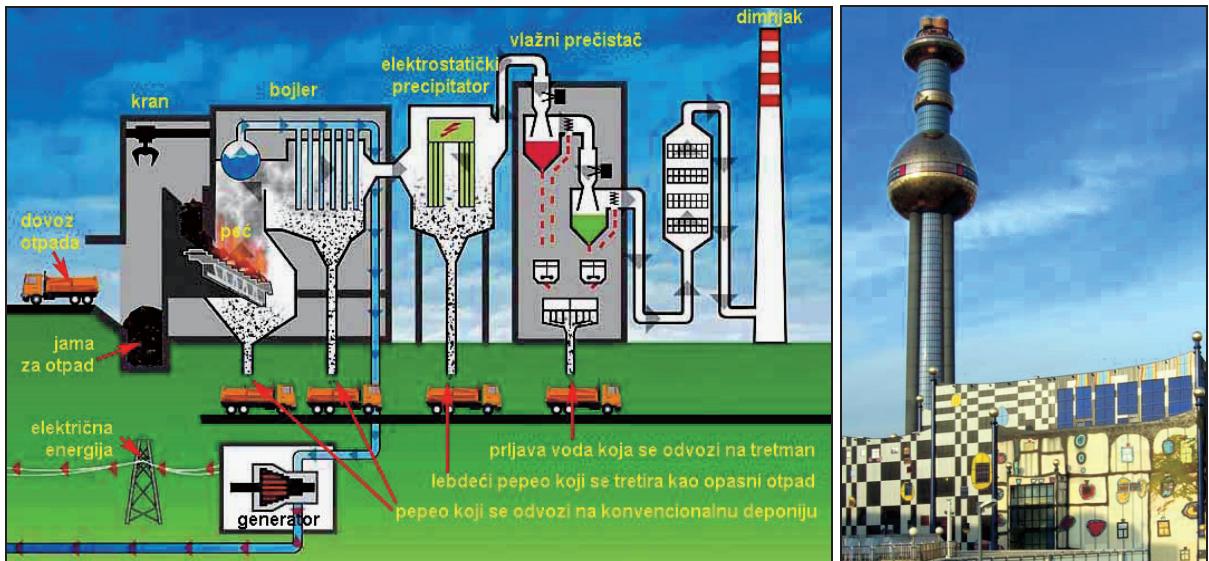
Na žalost, reciklaža nije univerzalno rešenje. Npr. reciklaža mnogih plastičnih masa je hemijski i ekonomski komplikovana. Ne postoji saglasnost oko toga šta je bolje: da li da se urbani otpad meša i šalje u centralnu stanicu za nadoknadu resursa, ili da se prethodno sortira (odvojeno sakuplja) reciklabilni otpad i šalje fabrikama kao sirovinski materijal. Sigurno je da plaćanje takvih, tzv. sekundarnih sirovina, može da bude stimulativno za stanovništvo.

Dakle, i reciklaža otpada, kao i sve druge metode, ima izvesne prednosti, ali i mane:

PREDNOSTI	MANE
☒ <i>Smanjuje zagađenje vazduha i vode.</i>	⊗ <i>Ne čuva prostor u predelima širokih kopnenih prostranstava.</i>
☒ <i>Štedi energiju.</i>	⊗ <i>Može izazvati gubitke u slučaju prerade stakla i mnogih plastika.</i>
☒ <i>Smanjuje potrošnju mineralnih resursa.</i>	⊗ <i>Smanjuje zaradu od deponija i spalionica.</i>
☒ <i>Smanjuje emisiju gasova staklene bašte.</i>	⊗ <i>Selekcioniranje otpada je mnogim ljudima nezgodno.</i>
☒ <i>Smanjuje produkciju čvrstog otpada i probleme odlaganja.</i>	
☒ <i>Pomaže zaštitu biodiverziteta.</i>	
☒ <i>Može da uštedi pare za proizvode poput papira, metala i nekih plastika.</i>	
☒ <i>Važan je deo ekonomije.</i>	

Spaljivanje čvrstog otpada je rešenje kojem pribegavaju bogatija društva. Japan i neke evropske zemlje spaljuju najveći deo svog čvrstog otpada. Spalionice rade po principu **otpad za energiju**. Emitovana toplota se koristi za grejanje vode za centralno grejanje, ili kućnu

upotrebu ili za dobijanje vodene pare za proizvodnju električne energije. U spalionicama se uništava mešoviti otpad (sl. 264). Dizajn spalionica i lokacija mogu da nas iznenade (sl. 264).



Sl. 263. – Spalionica čvrstog otpada – shema i spalionica u Beču

(modifikovano http://www.bsu.hr/img/spaljivanje-presjek_2.jpg i

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/District_heating_plant_spittelau_ssw_crop1.png)

Kao i svako drugo rešenje, i spaljivanje čvrstog otpada ima prednosti i mane:

PREDNOSTI

- ☺ *Smanjuje zapreminu smeća.*
- ☺ *Potrebno je manje deponija.*
- ☺ *Slabije zagadjenje voda.*
- ☺ *Koncentriše opasne supstance u pepelu, koji biva zakopan ili služi za prepokrivanje deponija.*
- ☺ *Prodajom energije se smanjuje cena.*
- ☺ *Moderna kontrola smanjuje aerozagadjenje.*
- ☺ *Postoji mogućnost za zamenu i prodaju metala.*

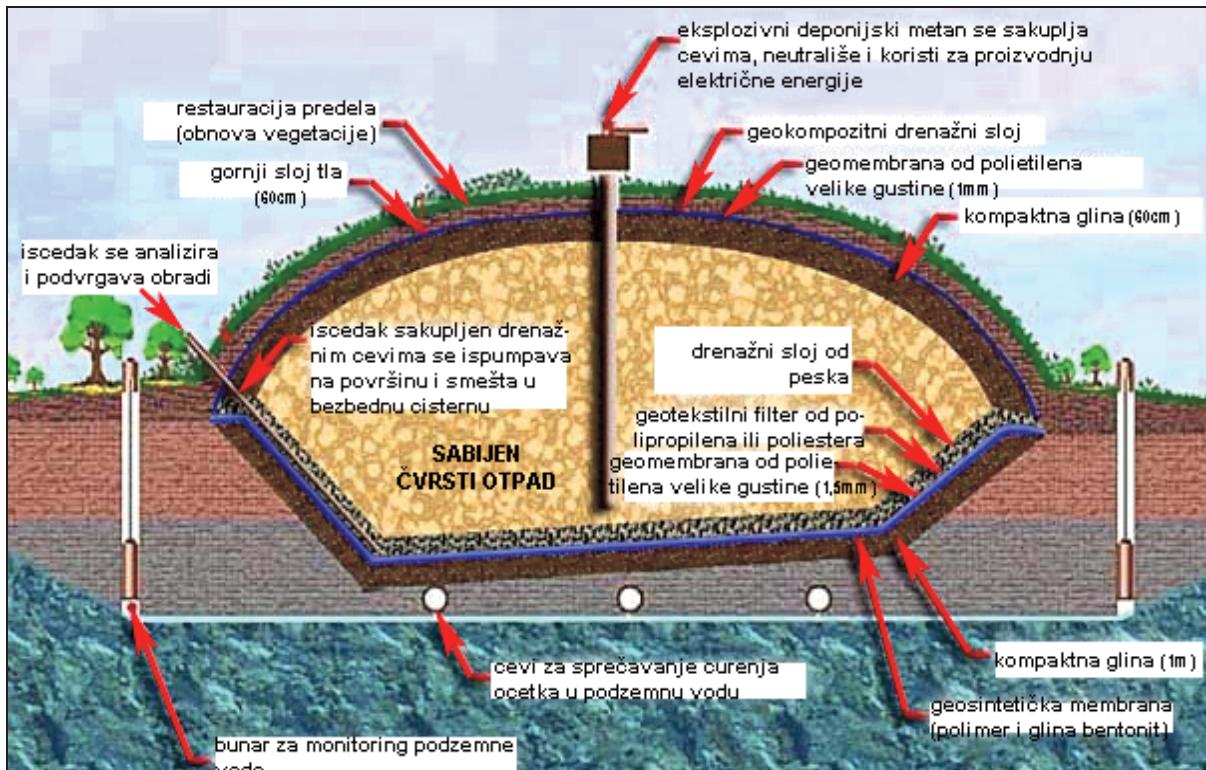
MANE

- ☹ *Skupa izgradnja.*
- ☹ *Skuplje je nego vuča otpada na obližnju deponiju.*
- ☹ *Teško za lociranje zbog otpora lokalnog stanovništva.*
- ☹ *Izvesno aerozagadjenje.*
- ☹ *Starije ili loše organizovane spalionice mogu da emituju ogromne količine aerozagadjenja.*
- ☹ *Pristup proizvodnji koji bodri produkciju otpada.*
- ☹ *Može da konkuriše reciklaži zapaljivih materijala poput novinske hartije.*

Zakopavanje čvrstog otpada - većina svetskog čvrstog otpada se zakopava na deponijama sa kojih je moguće očekivati curenje toksičnih tečnosti u zemljište i podzemne vodonosne slojeve.

Otvorene deponije (smetlišta): su polja ili rupe u zemlji gde se smeće odlaže i ponekad prepokriva zemljom. Uglavnom se primenjuje u zemljama u razvoju.

Sanitarne deponije: čvrsti otpad se raspoređuje u tankim slojevima, svakodnevno sa- bija i prekriva slojem gline ili plastične pene (sl. 264). Pošto su ovakve deponije skuplje, ko- riste se u razvijenijim državama. Bezbednije su po zdravlje ljudi i životnu sredinu uopšte.



Sl. 264. – Sanitarna deponija (modifikovano <http://www.eco-web.com/edi/img/01779-12.jpg>)

Međutim, ni sanitarne deponije nisu idealno rešenje problema koje pravi otpad.

PREDNOSTI

- ☺ Nema otvorenog gorenja.
- ☺ Manje smrada.
- ☺ Zanemarljivo zagađenje podzemnih voda.
- ☺ Može brzo da bude izgrađena.
- ☺ Mali operativni troškovi.
- ☺ Može da primi ogromne količine otpada.
- ☺ Popunjena zemlja može da se iskoristi u druge svrhe.
- ☺ Većinom nema nedostatka prostora za ove deponije.

MANE

- ☹ Bučne su zbog mnogo saobraćaja.
- ☹ Prašina.
- ☹ Zagađenje vazduha od gasova i isparljivih organskih supstanci.
- ☹ Oslobođaju se gasovi staklene baštne (metan i CO₂) dok ne budu smešteni u kolektor.
- ☹ Zagđenje podzemnih voda.
- ☹ Sporo razlaganje otpada.
- ☹ Obeshrabruje reciklažu, ponovno korišćenje i smanjenje količine otpada.
- ☹ Potencijalno curi i zagađuje podzemne vode.

Najbolji i najjeftiniji način za regulisanje otpada je smanjenje njegove pro- dukcije, što je istovremeno i prevencija zagađenja.

9.2.6. Zagadivanje vode

Voda je neophodna za život svih bića.

Živi svet slatkih voda je, zbog njihovog zagađenja, drastično osiromašen, a ponegde i sasvim uništen. U Svetskom okeanu naročito su ugrožena zatvorena mora, poput Baltičkog i Sredozemnog.

Zagađenje vode su sve **hemiske, biološke ili fizičke promene kvaliteta vode**, koje su štetne po žive organizme, ili vodu čine neupotrebljivom.

Zavisno od tipa, izvor zagađenja voda može biti:

- **tačkasti** – kada je definisana lokacija (odvodne cevi, jarkovi, odvodni kanali).
- **netačkasti** – kada ne može biti utvrđena tačna lokacija ispusta (atmosferske pojave, poljoprivredne / industrijske / otpadne vode iz naselja i sl.).

Možemo da razlikujemo tri vida zagađenja voda:

- ✓ **industrijske otpadne vode,**
- ✓ **komunalne (kanalizacione) otpadne vode i**
- ✓ **erozioni nanosi.**

Otpadne vode fabrika su različite i predstavljaju specifične zagađivače. Na primer, u preradi celuloze se koristi velika količina vode, koja se zagađuje raznim organskim i neorganiskim materijama i ispušta u vodotoke. Zagađujuća materija iz ove tehnološke procedure, tzv. sulfitna voda, truje živi svet. Ništa manje nisu opasne otpadne vode iz industrije tekstila, boja i lakova, sode, separacije i flotacije ruda i sl. Poseban problem su radioaktivni zagađivači voda.

Kanalizacione otpadne vode su veliki i opasni zagađivači, jer sadrže isuviše organskih materija da bi prirodni vodenici ekosistemi mogli da ih sami prečiste. Osim organskih, kanalizacione vode sadrže i razna druga hemijska zagađenja, npr. deterdžente.

Poseban vid zagađivanja voda je zagađivanje erozionim nanosima. Mada na prvi pogled veza ne postoji, zagađivanje vodenih ekosistema je uveliko izazvano nekontrolisanim i nepravilnim korišćenjem hemijskih sredstava (pesticida i veštačkih đubriva) u poljoprivredi. Spiranjem se iz tla odnose velike količine nutritivnih elemenata u vodene sisteme, gde nastupa **eutrofizacija**, čija je jedna od manifestacija «*cvetanje algi*», koje potom produkuju toksine u sredinu. Sa druge strane, pravilo koncentracije materija utiče na kumuliranje ovih hemikalija i toksina u organizmima i sedimentu na dnu vodenog basena, što se takođe loše odražava na zdravlje ljudi. Drugim rečima, trošeći rastvoreni kiseonik, organizmi razлагаči razgrađuju organske materije (prisutne u vodenom sistemu u višku), a oslobođaju toksične gasove (SO_2 , CO_2 , NH_3 , CH_4 i dr.), pa osetljivi (složeniji) organizmi iščezavaju, a tolerantni se namnožavaju, tj. zajednica se uprošćava u pogledu diverziteta, a preživele populacije povećavaju do masovnosti.

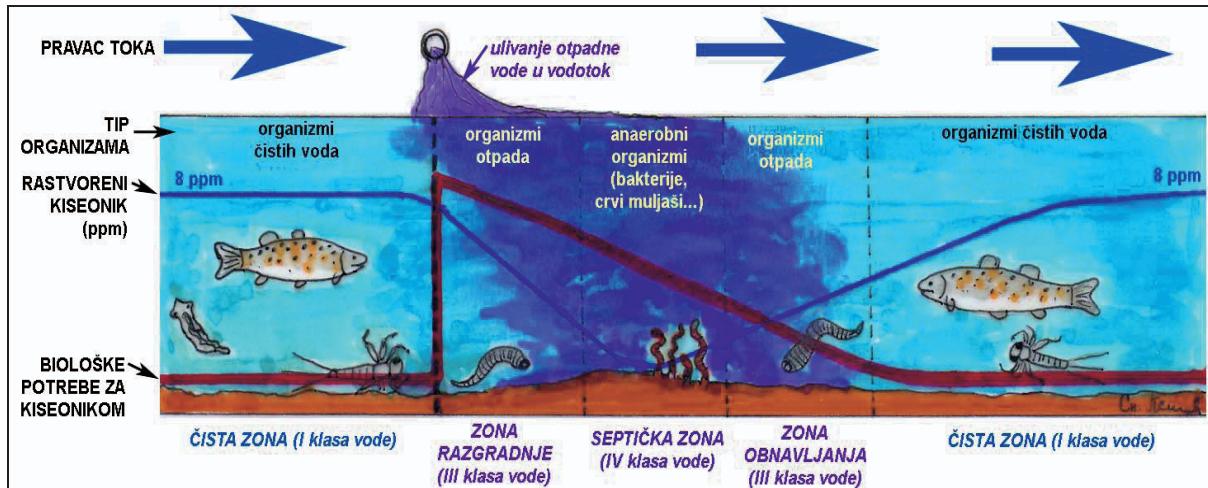
Opterećenost vodenih sistema zagađujućim organskim materijama se naziva **saprobnost**. Zavisno od njene veličine, vode se dele u četiri osnovne kategorije (klase kvaliteta):

- ✓ **oligosaprobne (I klasa),**
- ✓ **beta-mezosaprobne (II klasa),**
- ✓ **alfa-mezosaprobne (III klasa)** i
- ✓ **polisaprobne (IV klasa).**

Proces prirodnog povratka kvaliteta vode samoprečišćavanjem (zahvaljujući sastavu biocenoze u tom ekosistemu) od organskih polutanata se naziva **autopurifikacija** (sl. 265). Drugim rečima, vode od *polisaprobne*, prelaze u *alfa-mezosaprobnu*, potom u *beta-mezosaprobnu* i najzad u *oligosaprobnu* kategoriju. Proces je baziran na prirodnim lancima i mrežama ishrane među članovima biocenoze datog vodenog ekosistema. U početku glavni „izvođači rada“ su bakterije, gljive i jednoćelijske životinje, tj. razлагаči. Producante njihovog rada preuzimaju iz spoljašnje sredine (vode, sedimenta i vazduha) alge i biljke i koriste za procese sin-

teze, a dalje su u proces uključeni višećelijski životinjski organizmi. Samočišćenje je lakše i brže ukoliko je input zagađujućih materija bio jednokratan, ne preveliki i ako nisu u pitanju toksini. Ukoliko je dotok zagađujućih materija dugotrajan, i to u količinama koje članovi postojeće biocenoze ne mogu da „savladaju“, vodenim sistem se ne može lako povratiti, nego će za to trebati godine i decenije (sl. 280). Osnovni razlog je u tome da su mnoge osetljivije članice biocenoze nestale ili su prisutne u premalim populacijama da bi doprinele oporavku sistema.

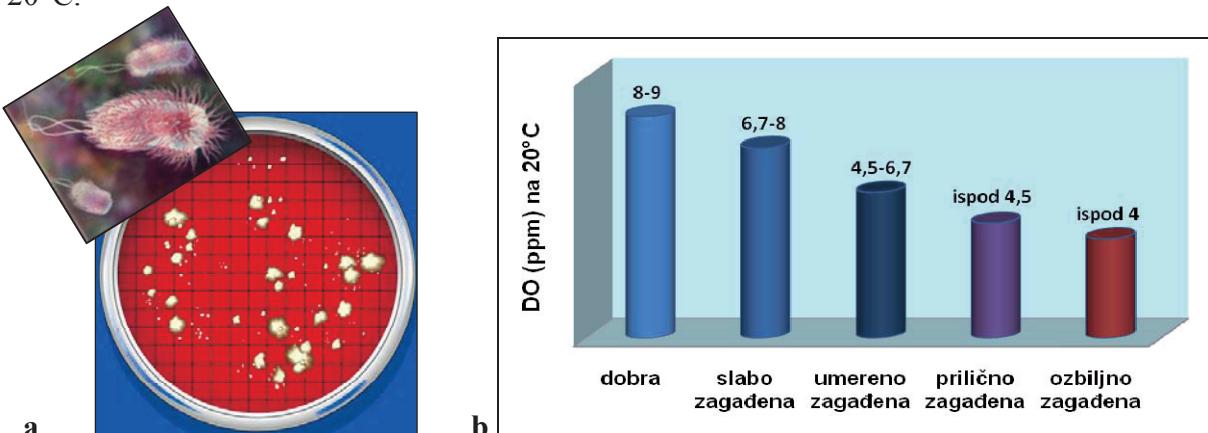
Pošto su bare i močvare sistemi koji su prirodni filtratori i prečistači voda u prirodi, moderni pristup održivog razvoja propagira gradnju sistema nalik njima uz vodotokove ili vodene basene pored ljudskih naselja.



Sl. 265. – Autopurifikacija tekućice zagađene kanalizacionom vodom (na osnovu Miller, 2007)

Da bi koristio vodu za piće, čovek danas uglavnom mora da je prethodno prečisti mehaničkim taloženjem, flokulacijom, hlorisanjem. Pijača voda je, stoga, svakim danom sve skuplja. Korišćenje neprečišćene vode za piće je u istoriji ljudske civilizacije dovodilo do mnogih epidemija (npr. kolere) ili pojedinačnih obolevanja (bakterijska dizenterija, enteritis, amebna dizenterija, žiardijaza, zaraza parazitskim glistama i sl.).

Danas se vode koje se koriste za piće ljudi i životinja redovno kontrolišu. Test na fekalne koliformne bakterije se koristi da u vodi pokaže verovatno prisustvo bakterija izazivača bolesti (sl. 266a). Sadržaj rastvorenoga kiseonika (skraćeno DO od engleskog izraza „dissolved oxygen“) je u vodenim ekosistemima izuzetno bitan pokazatelj kvaliteta (sl. 266b). Svega nekoliko vrsta riba može da preživi u vodi sa manje od 4 ppm rastvorenog kiseonika na 20°C.



Sl. 266. – Određivanje kvaliteta vode brojanjem koliformnih bakterija (a)

i po sadržaju rastvorenoga kiseonika (b)

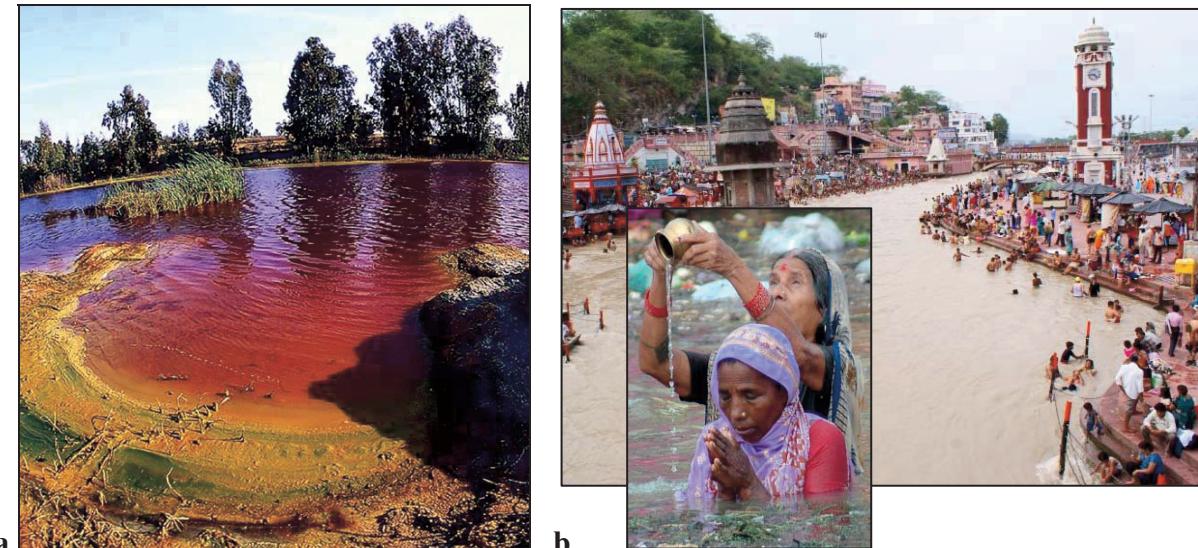
(<http://www.mentallyjumbled.com/wp-content/uploads/2009/11/ecoli.jpg> i na osnovu Miller, 2007)

9.2.6.1. Zagadenje slatkovodnih tekućica

Tekućice mogu same (**autopurifikacijom**, tj. samoprečiščavanjem) da poprave stanje u slučaju umerenog prisustva biorazgradivih zagađivača vode (sl. 265). Međutim, ovo važi samo ukoliko nisu preopterećene i njihov tok nije smanjen.

Preterane količine razloživih otpada, dospelih u vodene ekosisteme razgrađuju detriti-vori, gljive i bakterije, pri tome se previše troši rastvoreni kiseonik, pa se smanjuju ili bivaju eliminisane populacije vrsta koje su zavisne od kiseonika. Osiromašenje životnih zajednica vodi pojednostavljenju tokova materije i energije, tj. nema potpune razgradnje i onemogućen je proces samoočišćenja.

Najrazvijenije zemlje imaju izuzetno smanjeno zagadivanje voda iz tačkastih izvora, ali toksične hemikalije i zagađenje iz netačkastih izvora su još uvek problem. Zagađenje tekućica neobrađenim otpadnim vodama i industrijskim otpadom je veliki problem u zemljama u razvoju. Vode mnogih kineskih reka su neprirodne boje jer ih nekontrolisano zagađuje hiljade fabrika (sl. 267a). Dnevno, više od milion Hindu vernika u Indiji se kupa, piće ili sprovodi religiozne obrede u visoko zagađenoj (usled religioznih verovanja, kulturne tradicije, siromaštva i velikog broja stanovnika) reci Gang (sl. 267b). Hindu religija propoveda kremaciju mrtvih kako bi se oslobođila duša, a pepeo se razbacuje po čitavom Gangu. Neki ljudi su previše siromašni da bi priuštili drva za potpunu kremaciju, pa tela koja se raspadaju doprinose javljanju bolesti i snižavanju sadržaja rastvorenog kiseonika.



Sl. 267. – Industrijski zagađena reka u Kini (a) i ritualno kupanje u reci Gang (b)
 (<http://www.nature.com/nature/journal/v417/n6885/images/417137a-f1.2.jpg> i
<http://www.topnews.in/files/Ganga-Dussehra.jpg> i <http://envfor.nic.in/nrcd/NRCD/pic3.jpg>)

9.2.6.2. Zagadenje slatkovodnih jezera

Razređivanje polutanata u jezerima je slabije efikasno nego u većini tekućica, jer se većina jezerskih voda slabije meša i slabo cirkuliše.

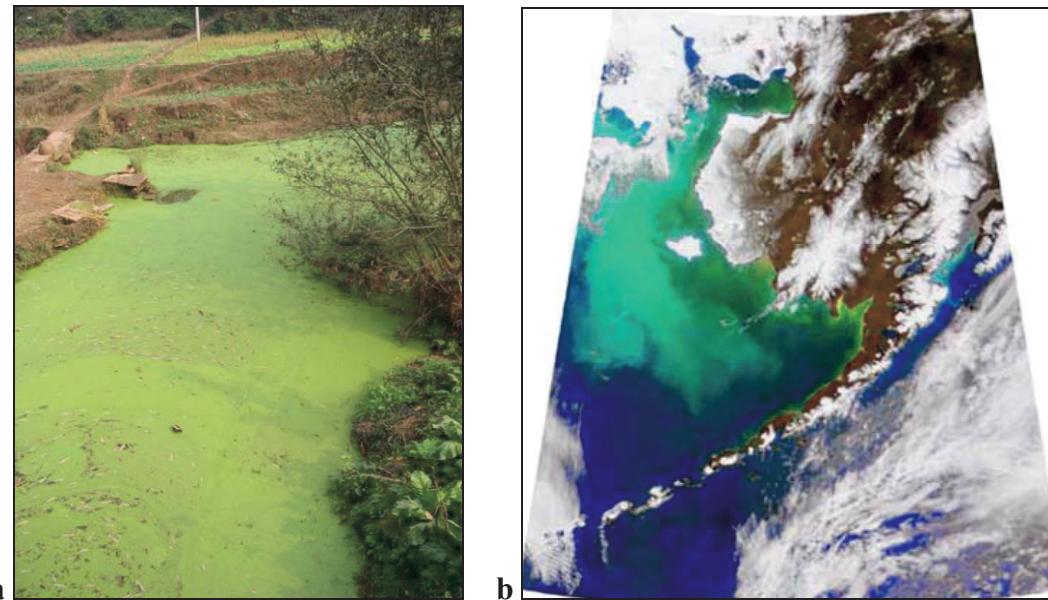
Vode jezera i akumulacija su često stratifikovane i u donjim slojevima se slabo mešaju. Slabo mešanje čini ove vode prijemčivim za sve što se spirala okolo.

Razne ljudske aktivnosti mogu da preopterete jezera biljnim nutrijentima, što smanjuje količinu rastvorenog kiseonika i ubija neke vodene organizme.

Eutrofizacija je prirodno obogaćivanje plitkih jezera (sl. 268a), estuara, sporih tekućica ili plitkih delova mora (sl. 268b) biljnim nutrijentima, koji uglavnom potiču od nanosa sa ispranih okolnih terena.

„**Kulturna eutrofizacija**“ su ljudske aktivnosti koje ubrzavaju stopu unosa biljnih nutrijenata (pretežno otpadne vode sa nitratima i fosfatima) u jezera i druge vodene sisteme. Čak

85% velikih jezera blizu velikih ljudskih naselja u SAD imaju izvesni stepen kulturne eutrofizacije.



Sl. 268. – Cvetanje algi u jezeru okruženom agrarnim površinama (a) i u Beringovom moru (b),
 (kombinovano http://en.wikipedia.org/wiki/Image:River_algae_Sichuan.jpg i
http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/images/beringsea_bloom_25Apr98.jpg)

Eutrofizacija, ma kakvog porekla bila (prirodna ili antropogena) vodi preteranom bujanju algi, tzv. cvetanju.

eutrofizacija → „cvetanje algi“



Uticaji ljudskih aktivnosti na slatkovodne ekosisteme mogu biti i njihovo totalno uništavanje, poput **isušivanja močvara** radi eksplotacije, tj. prevođenja u poljoprivredno zemljište (sl. 269). Ekološke razmere ovakvih intervencija su ogromne, jer su močvare ekosistemi sa veoma visokim biodiverzitetom.

Sl. 269. – Isušivanje močvara uz reku Tigar
 (<http://m1.ikiwq.com/img/xl/gwf6P53bvMPrLqkeGz6RHc.JPG>).

9.2.6.3. Zagadenje podzemnih voda

Podzemne vode bi po samoj svojoj prirodi trebalo da imaju najčistiji i najsiromašniji živi svet. Stoga su one osnovni izvori za snabdevanje ljudskih naselja pijaćom vodom. Oko polovine stanovništva SAD i čak 95% ruralnog stanovništva snabdeva se pijaćom vodom iz podzemnih voda.

Međutim, i podzemne vode mogu da budu kontaminirane raznim hemikalijama, jer ne mogu same da se efikasno prečiste ili razblaže i rasprše polutante. Izvori zagađenja podzemnih voda mogu biti loše izgrađene gradske deponije (pogotovo smetlišta), deponije opasnog otpada (bilo ukopanog čvrstog, bilo tečnog u bazenima), spalionice otpada, septičke jame, rafinerije, rudnici, izlučevine sa stočnih farmi, iz uzbunjališta gljiva, pesticidi i veštačka đubri-

va kojima su tretirane agrarne površine i sl. Curenje iz brojnih podzemnih cisterni koje sadrže benzin, dizel gorivo, lož-ulje ili toksične rastvarače takođe kontaminira podzemne vode kod nas i u svetu. Posebno su fragilne podzemne vode u krečnjačkim predelima (sl. 270). Do 2003. godine je američka agencija za zaštitu životne sredine (skraćeno EPA) očistila 297.000 od 436.000 takvih cisterni.

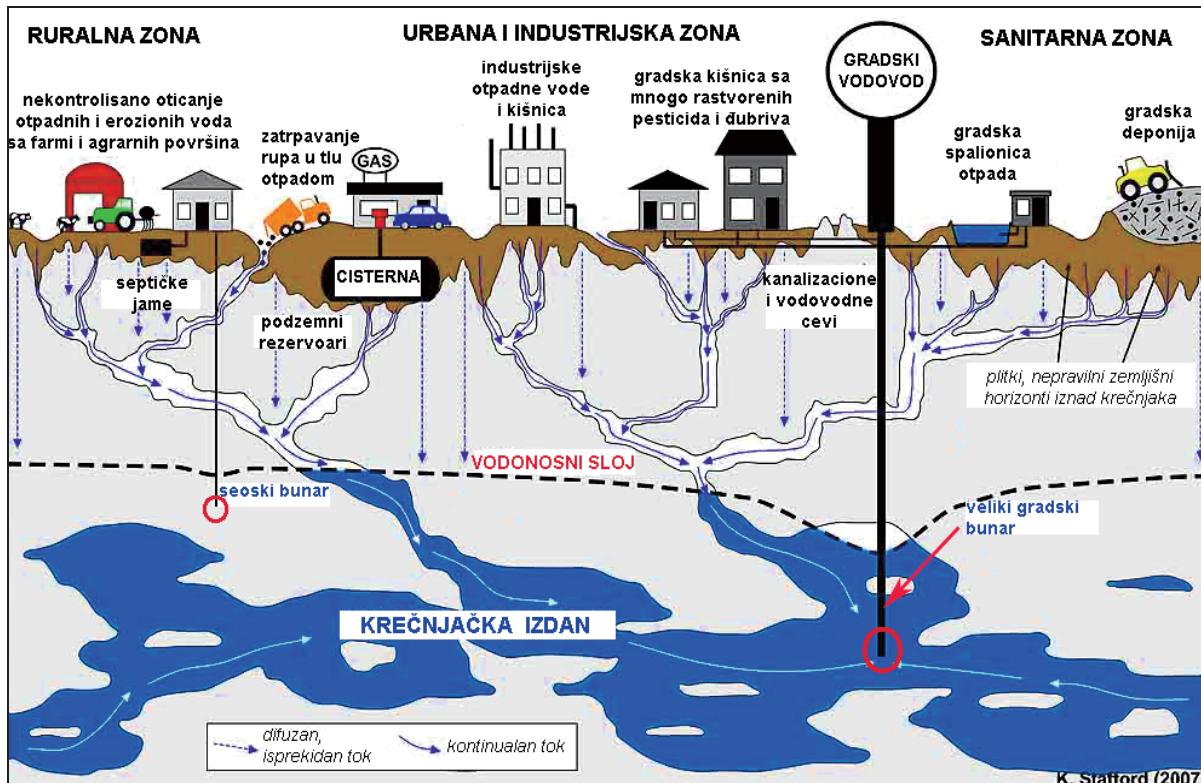
Mogu proći stotine i hiljade godina dok se kontaminirane podzemne vode prečiste od **razgradivih otpada**.

Nerazgradivi otpad (toksično olovo, arsen, flourid) su stalno prisutni.

Sporo razgradivi otpad (poput DDT-ja) je prisutan decenijama.

Prema EPA, jedna ili više **organskih hemikalija** kontaminira 45% izvora komunalne podzemne vode.

Toksični **arsen** (As) može u velikim količinama u prirodi biti prisutan u zemljištu i stenama. Bušenjem tla do vodonosnih slojeva As može da dospe u rezervoare pijaće vode. Prema WHO, više od 112 miliona ljudi piće vodu u kojoj je sadržaj As 5–100 puta veći od propisanih 10 ppb*. To je pretežno u Bangladešu, Kini, zapadnom Bengalu i Indiji.



Sl. 270. – Potencijalni izvori zagađenja podzemne vode u krečnjačkom području
[\(\[http://www.karstcentral.org/images/stafford_karst_profile_small.jpg\]\(http://www.karstcentral.org/images/stafford_karst_profile_small.jpg\)\)](http://www.karstcentral.org/images/stafford_karst_profile_small.jpg)

Zbog važnosti podzemnih voda za ljude neophodno je preuzimati što više mera prevencije ili njihovoga čišćenja od zagađenja.

Mere čišćenja podzemnih voda su npr.: veoma skupo ispumpavanje na površinu vode sve dok čitav podzemni vodonosni sloj ne bude čist; manje skupo ubacivanje mikroorganizama da biološki prečiste vodu; ili najjeftiniji i najefikasniji način – upumpavanje nanočestica neorganskih jedinjenja da odstrane polutante, ali ovaj način nije još sasvim razrađen.

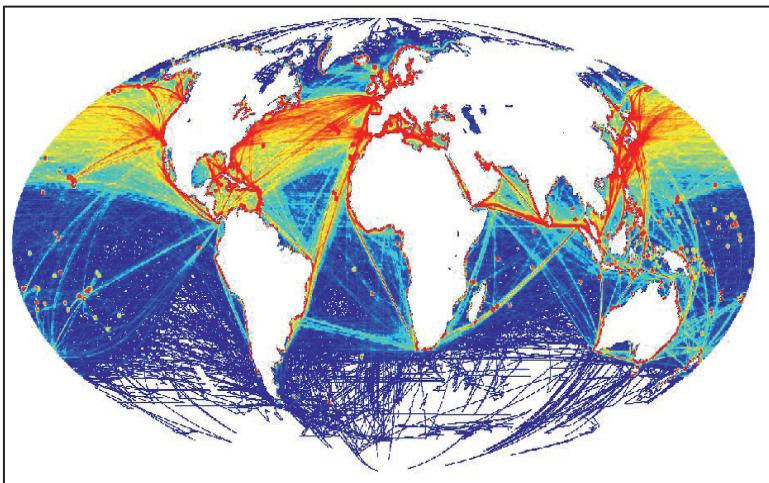
Preventivne mere su: naći zamene za toksične materije; čuvati toksične materije izolovane od životne sredine; instalirati monitorinške bunare pored podzemnih cisterni; postaviti

* ppb – skraćeno od engleskog izraza „parts per billion“, što znači $\mu\text{g}/\text{kg}$ ili $\mu\text{g}/\text{l}$.

detektore curenja na podzemnim cisternama; zabraniti odlaganje opasnog otpada u blizini bu-nara; opasne tečnosti držati u nadzemnim tankovima sa detektorima curenja i sistemima za sakupljanje istekle tečnosti.

9.2.6.4. Zagadenje okeana

Okeani, ukoliko nisu preopterećeni otpadom, mogu da rasprše i savladaju ogromne količine razgradivih polutanata.



Sl. 272. – Zagadenost Svetskog okeana – crvenom bojom su označena najugroženija područja, žutom srednje, a nijansama plave manje ugrožena

(<http://earthhabitat.files.wordpress.com/2010/02/oceanpollution.jpg>)

Nafta je opasan zagadivač mora. Akcidenti tankera i nesreće na bušotinama mogu ekstremno da upropaste morski život (naročito ptice). Većina okeanskog zagađenja naftom potiče sa **kopna**. Osim naftnih, kopneni izvori zagađenja mora su:

- ≈ **industrija** – oksidi azota iz automobila i dimnjaka, toksične hemikalije i teški metali koji otpadnim vodama stižu u zalive i estuare;
- ≈ **gradovi** – toksični metali i nafta sa ulica i parkinga, bakterije i virusi iz kanalizacije i septičkih jama kontaminiraju ležišta školjki;
- ≈ **gradilišta** – sedimenti sa kopova i od građevinskog materijala se spiraju i guše ribe i biljke, zamuju vode i sprečavaju prođor Sunčevih zraka; i
- ≈ **farme** – spiranje pesticida i đubrenje dodaju toksine, povećavaju prisustvo azota i fosfora u vodi, pa se kao posledica javlja cvetanje mikroskopskih toksičnih algi (tzv. **crvene plime**) koje truju ribe i morske sisare.

Posledice su nesagledive. Hemikalije i toksični metali čine da sedimenti na dnu morskog basena postaju opasne zone, jer kontaminiraju ležišta školjaka, ubijaju ribe u mrestu i akumuliraju se u tkivima bića koja hranu nalaze u bentosu.

Nedaleko od obale talozi i bujanje algi degradiraju stanište brojnim organizmima – sprečavaju prodiranje sunca, biljke i većina organizama nestaju, kiseonik se pojačano troši na procese razgradnje i tako se formiraju zone sa manjkom ili bez rastvorenog kiseonika. Biocezoza je tu veoma narušena, nalik septičkoj zoni u zagađenoj tekućici na sl. 265.

Analize su pokazale da je potrebno oko tri godine za najveći broj oblika života u moru da se oporave od velike količine **izlivene sirove nafte** (nafte direktno izvučene iz zemlje).

Ali, naraslo stanovništvo na planeti sa velikom presijom na Svetski okean čini njegovo zagađenje, a posebno obalskih voda blizu veoma naseljenih zona, ozbiljnim globalnim problemom (sl. 272). Naime, oko 40% svetskog stanovništva živi na ili sasvim blizu morske obale.

Koliko je situacija alarmantna pokazuje činjenica da je EPA* četiri od pet estuara svrstala u ugrožene ili već oštećene.

„Cvetanje algi“ u morima (sl. 295b) je izazvano eksplozivnim razvojem opasnih algi iz **otpadnih i poljoprivrednih voda**.

* EPA – skraćenica za Environmental Protection Agency (Agencija za zaštitu životne sredine) u SAD.

Oporavak morskih stanovnika nakon izlaganja **rafinisanoj nafti** (lož-ulje, benzin i sl.) može potrajati 10–20 godina, ukoliko se u međuvremenu ne dese novi akcidenti.

Ma koliko ljudima sa kopna delovala daleko, velika i moćna, zagađena je i morska pučina. Zbog morskih struja i Koriolosovog efekta (sl. 82), u središnima cirkularnih morskih tokova u Svetskom oceanu su ogromne deponije smeća, pogotovo plastičnog (sl. 273). Masa ovog otpada višestruko premašuje masu planktona na tim lokacijama (na površini jedne kvadratne milje, tj. $\approx 2,59 \text{ km}^2$ ima čak 46.000 komada plastičnog otpada).*



Sl. 273. – Pet najvećih cirkularnih morskih tokova u Svetskom oceanu su sa ogromnim deponijama smeća u centru (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Oceanic_gyres.png i <http://greatpacificgarbagepatch.info/images/plastic1.jpg>)

Moguća rešenja problema zagađenja mora, pogotovo obalskih voda, opet su dvojaka, preventivna i čistačka (kada se nesreća već dogodila):

PREVENCIJA

- ❖ *Smanjiti unos toksičnih polutanata.*
- ❖ *Odvojiti odvode otpadne vode i zaštitne brane od bure.*
- ❖ *Brodovima zabraniti bacanje otpada i izbacivanje prljave vode u obalskim vodama.*
- ❖ *Zabraniti zatravavanje mora šutom i drugim materijalima.*
- ❖ *Zaštititi osetljive zone od ekonomskog razvoja, vađenja nafte i transporta nafte.*
- ❖ *Regulisati razvoj obalskih zona.*
- ❖ *Reciklirati korišćenu naftu.*
- ❖ *Zahtevati da tankeri imaju dupla korita.*

ČIŠĆENJE

- ✓ *Popraviti mogućnosti čišćenja izlivene nafte.*
- ✓ *Posipati nanočestice preko naftne mrlje ili otpadne vode kako bi ih rastopile bez sinteze štetnih proizvoda (još uvek tehnika u razvoju).*
- ✓ *Primeniti, bar, sekundarni tretman otpadnih voda uz obale.*
- ✓ *Koristiti močvare, solarno-vodene ili druge metode za tretiranje otpadnih voda.*

* Nije smeće u Svetskom oceanu prisutno samo na ovih pet lokacija. Ima ga praktično svuda. 1994. godine je pri proučavanju morskog dna korišćenjem povlačnih mreža u severo-zapadnom Mediteranu, oko obala Španije, Francuske i Italije, otkrivena visoka srednja vrednost koncentracije otpada, od prosečno 1.935 artikala po kvadratnom kilometru mora. Plastični otpad je činio 77%, a od toga čak 93% su bile plastične kese. Treba znati da je za njihovu razgradnju u prirodi potrebno najmanje 500 godina, a neke su i totalno nerazgradive.

9.2.6.5. Prevencija i smanjenje zagađenja površinskih kopnenih voda

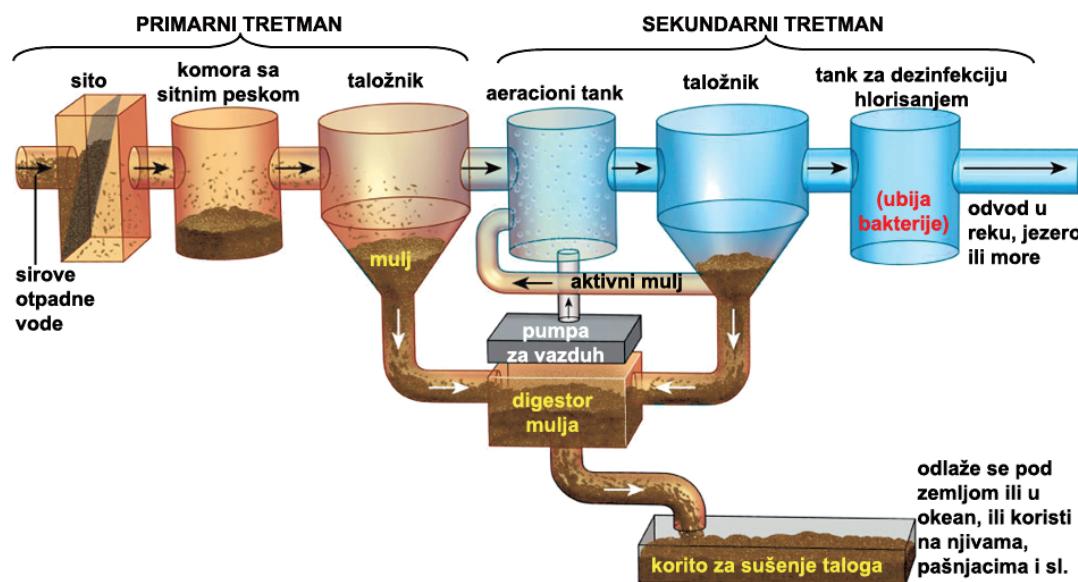
Ključ za smanjenje netačkastih izvora zagađenja voda (uglavnom onih iz poljoprivrede) je **sprečiti ih da stignu do vodenih basena**. Farmeri mogu da smanje površinsko spiranje sađenjem tampon zona i smeštanjem gomila hrane i đubriva dalje od padina (nizbrdica), plavnih zona i površinskih voda.

Većina razvijenih zemalja koristi odgovarajuće **zakone** da uspostavi standarde u dočeku zaštite voda od zagađenja, ali takvi zakoni retko postoje i/ili se slabo poštuju u zemljama u razvoju. Oni treba da propisu standarde za sadržaj ključnih zagađivača vode i da zahtevaju od zagađivača da imaju dozvole za rad.

9.2.6.6. Smanjenje zagađenja voda tretiranjem otpadnih voda

Septičke jame i različiti nivoi predtretmana otpadnih voda mogu da smanje zagađenje voda od tačkastih izvora zagađenja.

Na slici 274 je šema **primarnog** (fizičkog) i **sekundarnog** (mikrobiološkog) **tretmana otpadnih voda**. Voda se potom hloriše kako bi bila odstranjena boja i bili ubijeni bakterije i virusi koji bi mogli da izazovu bolesti (dezinfekcija).



Sl. 274. – Primarni i sekundarni tretman otpadnih voda
(modifikovano http://teacher2.smithtown.k12.ny.us/sgessler/water_quality_files/image002.jpg)



Sl. 275. – Sistem za prečišćavanje otpadnih voda grada Kragujevca postoji od 1990. godine
(<http://www.blic.rs/Vesti/Srbija/58216/Proizvode-struju-iz-otpadnih-voda>)

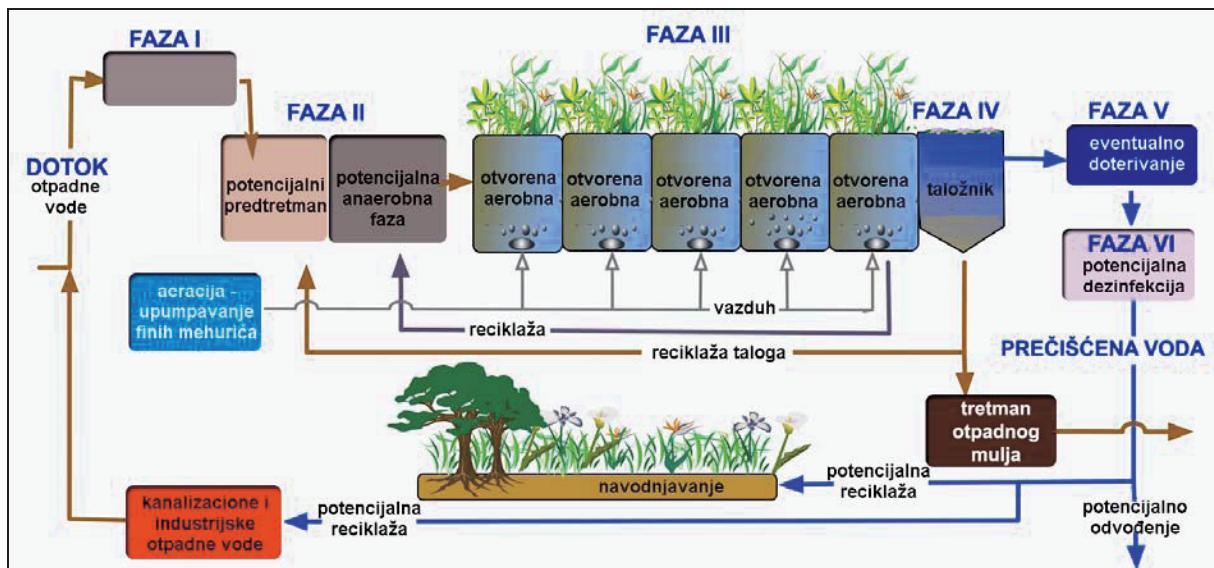
Napredni ili **tercijarni tretman otpadne vode** koristi serije hemijskih i fizičkih procesa za odstranjenje preostalih specifičnih polutanata (pogotovo nitrata i fosfata). Nakon njega voda poprima kvalitet I klase i može nanovo u upotrebu kao pića, industrijska ili voda za poljoprivredu.

Svake godine industrija vode produkuje 1,6 miliona tona otpadnog mulja, odvratog izgleda i mirisa. Oko 66% ovoga mu-

lja se uključuje u proces razgradnje u digestoru sa anaerobnim bakterijama, a nakon 10-12 dana se pretvara u dve korisne supstance – biogas (kao npr. sistem za prečišćavanje otpadnih voda grada Kragujevca, lociran u Cvetojevcu, sl. 275) i đubrivo.

Otpadni mulj može da se upotrebi za popravljanje kvaliteta zemljišta, ali ako sadrži infektivne bakterije i toksične hemikalije mogao bi da izazove zdravstvene probleme. Veoma je važno sprečiti da otrovne materije iz stanica za preradu otpadnih voda (iz mulja i vode) dospeju van, u životnu sredinu (sl. 270).

Navedeni načini primarne, sekundarne i tercijarne obrade uključuju fizičke, hemijske i mikrobiološke tretmane otpadnih voda. Međutim, u prirodi se u razgradnju organskih materija uključuju i tzv. viši organizmi. Ljudi su pokušali da ta prirodna rešenja pretoče u tehnološka. Tako prirodne i veštačke močvare mogu da se koriste u preradi otpadnih voda. Na primer Kalifornija je izgradila 65 hektara veliku močvaru blizu zaliva Humboldt Bay, koja funkcioniše kao prirodni tretman otpadne vode iz gradića koji sa 16.000 stanovnika. Projekat košta manje nego polovina procenjene vrednosti uobičajene konvencionalne stанице за preradu otpadnih voda.



Sl. 276. – Tehnologija ekološke purifikacije otpadne vode
(<http://www.biomatixwater.com/wp-content/uploads/2009/05/graffle1.gif>)

Korišćenje prirodnih rešenja u prečišćavanju otpadnih voda ili takozvana **ekološka purifikacija otpadnih voda pomoću *žive maštine*** je, svakako najbolje rešenje, zasnovano na prirodnim procesima i odnosima, tj. ekološkim zakonitostima. Otpadna voda se sakuplja i dovodi u seriji tankova (sl. 276), koji sadrže biljke, puževe, zooplankton, rakove i ribe. Pomoću sunca navedena serija organizama dovodi do potpune razgradnje polutanata (sl. 277). Osim toga moguće je čak i profitiranje, jer su to svojevrsne farme – proizvode se cveća, povrće, ribe i rakovi za konzumiranje ili za mamce i dr.

Očigledno, najbolje je učiti od prirode i živeti u skladu sa njom. Najmanje opasno je primenjivati prirodna rešenja za probleme u životnoj sredini. Važno je shvatiti da i priroda ima ograničene kapacitete, a još važnije – poštovati ih.



Sl. 277. – Ekološka purifikacija otpadne vode
(http://www.ecological-engineering.com/images/greenhouse_sewage_filters.jpg)

9.2.6.7. Kvalitet vode za piće

Centralizovane stanice za prečišćavanje vode i zaštitu slivova mogu da obezbede bezbednu vodu za piće za stanovnike gradova u razvijenim zemljama.

Jednostavniji i jeftiniji načini za prečišćavanje vode za piće mogu biti korišćeni u zemljama u razvoju. Izlaganje vode toploti i UV zracima u trajanju od tri sata može da ubije infektivne bakterije.

Dok većina razvijenih zemalja već ima standarde i zakone za kvalitet pijaće vode, većina zemalja u razvoju ih nema. Na primer, Safe Drinking Water Act u SAD zahteva od EPA da utvrdi nacionalne standarde za pijaće vode (**maksimalne vrednosti kontaminatora**) za manju vrstu polutanta, koji može da ima štetne posledice po zdravlje ljudi. I pored toga, UN procenjuju da 5,6 miliona Amerikanaca pije vodu koja nije po EPA standardima. Drugim rečima, jedan od pet Amerikanaca pije vodu iz sistema za prečišćavanje koji nisu prema jednom ili više standarda za bezbednost. Industrija u SAD vrši pritisak da oslabi Safe Drinking Act: da se eliminišu nacionalni testovi i javna obaveštenja o povredama ovoga propisa i da se dozvoli zagađivanje, ako se korisnici ne budu žalili.

Da li je rešenje u flaširanju vode?

Neke flaširane vode nisu čiste kao voda iz česme, a koštaju mnogo više. Osim toga, danas se uglavnom flašira u plastičnu (tzv. pet) ambalažu, a godišnje se baca 1,4 miliona tona plastičnih boca. Za proizvodnju ovih boca troše se fosilna goriva. Godišnja potrošnja nafta za pravljenje plastičnih boca tokom jedne godine u SAD bila bi dovoljna za snabdevanje 100.000 automobila gorivom.

Ako sve ovo imamo u vidu, možemo da zaključimo da flaširanje vode u plastične boce i nije tako dobro rešenje.

Šta svako od nas može da učini da se kvalitet voda u prirodi i vode za piće ne bi smanjivao? Evo nekih predloga:

- ✓ *đubriti bašte i dvorišta kompostom umesto neorganskim kupovnim đubrivom;*
- ✓ *smanjuti na najmanju meru upotrebu pesticida;*
- ✓ *ne koristiti pesticide ili đubriva blizu vodenih basena;*
- ✓ *uzgajati ili kupovati „organsku“ hranu;*
- ✓ *ne piti flaširanu vodu, osim ako nije utvrđena neispravnost pijaće vode;*
- ✓ *kompostirati ostatke hrane;*
- ✓ *ne koristiti osveživače vode u toaletima;*
- ✓ *ne bacati nepotrebne lekove u kanalizaciju;*
- ✓ *ne točiti pesticide, farbe, rastvarače, naftu, antifriz i druge proizvode koji sadrže štetne hemikalije u kanalizaciju ili na tlo.*

Možemo još mnogo toga, svakodnevno.

Razmislite samo koliko vode neracionalno rasipamo.

9.2.7. ZAKLJUČAK

Veliki je negativni uticaj današnjeg čovečanstva na sve tri životne sredine. Pametnim uklapanjem u prirodne procese možemo svi doprineti da taj „otisak“ bude sto manji.

Ekologija nam ukazuje da živi svet funkcioniše po principu lančanih reakcija. I te kako dobro treba proceniti uticaje i efekte koje će ma koja ljudska aktivnost izazvati u prirod, jer se sve na kraju na izvestan način odražava i na životnu sredinu samoga čoveka, tj. na njegovo zdravlje.

9.3. ORGANIZMI KAO INDIKATORI KVALITETA ŽIVOTNE SREDINE

Danas, osim prirodnih, postoje i tri kategorije „kulturnih“, tj. antropogenih biocenoza: agrarne, ruderale i biocenoze gradskih i industrijskih zona. One su uglavnom osiromašene i uprošćene.

Bića, kao fino izbalansirani i sa okruženjem uravnoteženi biohemski sistemi, mogu da budu odlični pokazatelji stanja životne sredine, i to kako svojim prisustvom ili odsustvom, tako i sopstvenim zdravstvenim stanjem, tj. fiziologijom, habitusom, morfologijom i dr.

Organizmi koji su u pogledu ekoloških zahteva prema sredini usko specijalizovani (**stenovalentni** po ekološkoj valenci većine ekoloških faktora) mogu biti najpouzdaniji indikatori kvaliteta životne sredine. Vrste sa širokom valencom su manje pouzdane.

9.3.1. Bioindikatori kvaliteta zemljišta

Zemljište je životna sredina mnogih organizama (bakterija, gljiva, algi, podzemnih organa viših biljaka, praživotinja, oblik i prstenastih glista, rotatorija, mkušaca, zglavkara i sisara), koji reaguju na njegova fizička i hemijska svojstva. Na osobine zemljišta osim prirodnih, danas utiču brojni antropogeni faktori, među kojima i brojne zagađujuće materije (pesticidi, mineralna đubriva, prljave otpadne i irrigacione vode, aerozagađenje).

Već je u obradi autekologije bilo reči o biljkama kao indikatorima osvetljenosti, temperaturnog i vodnog režima staništa. Podsećamo da biljke svojim prisustvom mogu da nam ukažu na pH zemljišta (bor 3,7–4,4; jova 5,97; jasika 6,5; breza 5,94; sfagnumsko mahovine oko 4; mešovite lišćarsko-četinarske šume oko 7). Po dijapazonu podnošenja stepena kiselosti tla biljke nisu iste: pšenica podnosi pH od 4 do 8, ali najbolje prinose daje na tlu čija je pH=6–7; krompir podnosi isti dijapazon, ali je najuspešniji na 5–6; lucerka izdržava pH=6–8, ali joj najviše prija pH=7–8. Indikatori kiselog zemljišta su npr. zelje-kiselica i borovnice; neutralnog – detelina i lucerka; a baznog npr. podbel.

Utvrđena je i korelacija između pH reakcije zemljišta i broja mikroorganizama u njemu (tab. 15).

Tabela 15. – Zavisnost broja mikroorganizama u zemljištu od njegovog pH

pH zemljišta	Broj mikroorganizama u 1 g zemljišta
6,2	13,5 miliona
5,5	12 miliona
5,1	5 miliona
4,8	4 miliona

Halofitim biljkam pogoduju slana staništa (rodu *Tamarix*, bagremu, gledičiji, poljskom brestu).

Psamofite su biljke prilagodene životu na peskovitom tlu.

Promene na biljkama, izazvane zagađenjem zemljišta mogu biti **spoljašnje, vidljive** (morphološke: npr. visoke koncentracije bakra u tlu izazivaju hloroze listova, deformaciju korenovog sistema, smanjenje porasta biljaka; ako u tlu ima arsena, listovi se kovrdžaju, venu, postaju ružičasti, pa žuti; povećana koncentracija aluminijuma čini da koren postaje deblji i kraći, usporava se metabolizam ugljenih hidrata, slabu sintezu hlorofila; povećano prisustvo hlora u zemljištu dovodi do smanjivanja lisne površine, smanjenog rasta, prekida metabolizma ugljenih hidrata i sinteze hlorofila) i **unutrašnje** (anatomske i fiziološke). Uočljivo je negativno dejstvo olova iz zemljišta na biljke koje rastu pored velikih saobraćajnica. Preko pojedenih bi-

ljaka, olovo dospeva u životinje koje se njima hrane i izaziva oštećenja. Slično je sa prekomernom upotrebom živinih preparata kao sredstava za zaštitu od biljnih bolesti.

Mikroorganizmi takođe mogu da budu indikatori za ocenu stepena zagađenosti zemljišta (prati se ukupna mikroflora, posebno gljive, aktinomicete, aerobni razлагаči celuloze, azotofiksatori, amonifikatori, nitrifikatori, intenzitet razgradnje celuloze).

Mikroflora (gljive) se jače razvija u zagađenom tlu. Pečurke (tačnije njihova plodonosna tela) su poznate kao akumulatori teških metala, ukoliko su oni prisutni u životnoj sredini.

Uticaj zagađivača zemljišta na životinjske organizme se određuje promenama u sastavu vrsta pedofaune, gustini naselja, biomasi beskičmenjaka, jačini fermentativnih procesa, menjanju koncentracije produkata metabolizma pedofaune i dr. Stoka hranjena biljkama raslijim na tlu sa visokim sadržajem bakra dobija teške bolesti jetre. Velike količine fluora u tlu izazivaju bolest fluorozu.

U upotrebi su različiti **biološki metodi** na osnovu kojih se utvrđuju odlike živog sveta koje ukazuju na stanje zagađenosti zemljišta: određivanje produktivnosti biljaka metodom žetve, određivanje produktivnosti fotosinteze na osnovu površine listova, određivanje sastava mikropedofaune i makropedofaune, direktnim posmatranjem mikroorganizama u zemljištu metodom staklenih pločica, indirektan metod određivanja različitih fizioloških grupa mikroorganizama na osnovu izdvajanje CO₂ iz zemljišta.

9.3.2. Bioindikatori kvaliteta vazduha

Biljke u ljudskim naseljima, pogotovo višegodišnje drvenaste forme, mogu da nam ukažu na intenzitet i tip **aerozagadjenja**. Za to se koriste različiti metodi. *Vizuelno* utvrđivanje promena na biljkama: hloroze (žuti, braon ili crveni delovi lista) i nekroze lista (mrtvo tkivo lista u vidu tačaka ili mrlja; nastaje pri dužem dejstvu zagađivača). Utvrđivanje *fizioloških* promena na biljkama (npr. određivanje broja i otvorenosti stoma – osetljive vrste imaju manji broj stoma sa obe strane lista; određivanje odavanja vode po jedinici površine lista u jedinici vremena; određivanje prisustva vode u listovima; određivanje veličine međučelijskih prostora u sunđerastom tkivu lista – veća provetrenost ovog tkiva znači veću i bržu apsorpciju gasova iz vazduha, tj. smanjenu otpornost na zagađivače).

Lišajevi (sl. 137 i 279) su simbiontski organizmi, koji se sastoje uglavnom od alge i gljive, a ponekad sadrže i predstavnika trećeg carstva organizama – bakteriju. Odlični su bio-indikatori zagađenosti vazduha, jer većinom izbegavaju „kamenu pustinju“ centara gradova i

industrijskih oblasti, tj. tu stvaraju tzv. **lišajske praznine** ili lišajske pustinje (sl. 278), pa se na osnovu njihovog evidentiranja (popisivanja epi-fitnih vrsta konstatovanih na drveću debljem od 30 cm u prečniku, u cikličnim krugovima na svaki kilometar od centra lišajske praznine) i izrade vegetacijske karte lišajeva za neko područje doista pouzdano mogu izdvojiti zone po stepenu aerozagađenja.

Najčešće se na tako dobijenim kartama razlikuju tri zone. Prva zona ili lišajska praznina obuhvata deo grada ili industrijske oblasti sa najvećim aerozagadanjem (gde prosečna godišnja koncentracija SO₂ u vazduhu premašuje 0,3 mg/m³). U ovoj zoni eventualno može biti konstatovana vrsta *Lecanora conizaeoides* koja je slabo osetljiva na zagadenje. Druga je **zona borbe** u kojoj prosečna godišnja koncentracija SO₂ u



Sl. 278. – Rezultati kartiranja lišajeva
u široj okolini Zagreba
(modifikovano Marković i sar., 1981)

vazduhu iznosi 0,05 do 0,2 mg/m³. U ovom pojasu mogu da žive koraste i listaste vrste lišajeva iz rodova *Xanthoria*, *Hypogymnia*, *Parmelia*, *Physcia* i *Lecanora*. U trećoj zoni, tzv. **normalnom pojusu**, sa čistim vazduhom žive lišajevi tipični za dato fitogeografsko područje. Za nju su karakteristični žbunasti lišajevi iz rodova *Usnea*, *Alectoria* i *Evernia* i frutikozni – *Cladonia* i *Ramalina*. Najosetljiviji na promene kvaliteta životne sredine je lišaj sa listastim talusom, *Lobaria pulmonaria* (sl. 279), koji nastanjuje isključivo područja bez zagađenog vazduha i danas ima veoma uzan areal.

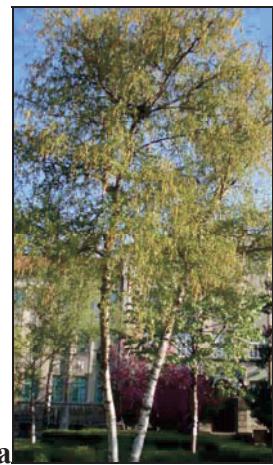
Specijalne vegetacijske karte lišaja sačinjene ne samo na osnovu popisa vrsta, nego i njihove brojnosti i pokrovnosti se zovu IAČ (indikator atmosferske čistoće).*



Sl. 279. – *Lobaria pulmonaria*
(foto student Sladana Ignjović, terenska nastava na Staroj planini, maja 2010.)

Na sličan način i ispitivanje **florističkog sastava** viših biljaka može dati sliku o aerozagađenjima. Veličina izabranih probnih površina zavisi od tipa staništa: za poljoprivredne kulture to je svega 10 m², za šumske zajednice 50 m², a za vegetaciju uz pruge i puteve 100 m². Osim popisivanja vrsta na ovim površinama evidentira se i stanje biljaka (procenjuje njihova vitalnost).

Generalno, četinarske vrste drveća su osetljivije od listopadnih. U grupu **osetljivih** biljaka spadaju ariši, američki i beli bor, jela, šimširika, bela breza (sl. 280a), gladiola, duvan, krin (*Lilium candidum*), beli božur i dr. **Srednje osetljivi** su crni bor, bukva (sl. 48b), grab, divlji kesten, beli javor, sitnolisna lipa, orah, ruj, jasika, jabuka, lepa kata, begonija, dragoljub, georgina, perunika, narcis (sl. 280b) i dr. **Slabo osetljive** vrste su na primer tuja, srebrna smrča, kleka, tisa (sl. 26d), kajsija, zova, vinova loza, poljski brest, hrastovi kitnjak i lužnjak, klen, pasji dren, srebrna i rana lipa, šimšir, jorgovan, jablan, crna i bela topola, karanfil, ladolež, neven (sl. 280c), petunija, kandilka, kana, dan i noć. **Otporne** (neosetljive) su ginko (sl. 26b), kiselo drvo, bagrem (sl. 280d), kalina, beli i crveni glog, gledičija, beli dren, bela vrba, platan, ruža (sl. 49c), tamariks (sl. 94c), bela topola, beli i crni dud, divlja ruža, prkos, različak, slez, bela rada, hajdučka trava i dr.



Sl. 280. – Biljke indikatori aerozagađenja: a – osetljiva, b – srednje, c – slabo osetljiva i d – otporna
(foto S. Pešić, aprila 2011., <http://inter-pix.com/hr/nature/flowers/tulips/258020-upsee.html>,
<http://flora.nhm-wien.ac.at/Bilder-A-F/Calendula-officinalis-1.jpg> i
http://rpmedia.ask.com/ts?u=/wikipedia/commons/thumb/6/6c/Robinia_Pseudoacacia_flower.JPG/250px-Robinia_Pseudoacacia_flower.JPG)

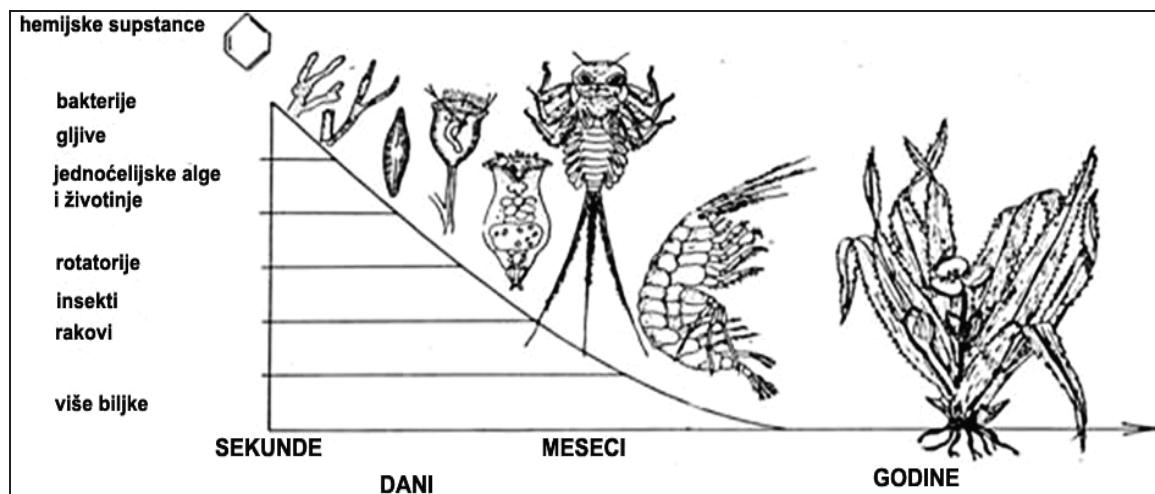
* Detaljnije možete pročitati u Marković i sar., 1981.

Neke više biljke mogu biti posebno osetljive na prisustvo pojedinih zagađivača u vazduhu. Tako su na SO_2 osetljive vrste duvan, vodena bokvica, begonija, kamilica, bela detelina i dr., a na Cl_2 npr. hrast lužnjak, lipa (*Tilia cordata*), jorgovan, crna topola i bela vrba. Okside azota u vazduhu ne podnose npr. divlji jasmin, divlja trešnja i ogrozd, a amonijak – ribizla, jasika, zova i dr.

Mikroflora takođe može da ukaže na kvalitet vazduha. Normalno je da u vazduhu uvek ima mikroflore. Osnovne njene komponente su bakterije i aktinomicete (oko 1.200 vrsta), spore gljiva, mahovina, algi, paprati (oko 4.000 vrsta) i polen viših biljaka – cvetnica (preko 10.000 vrsta). U jednom m^3 vazduha ukupno ih ima oko 1,25 miliona. Pošto su veoma osetljivi na prisustvo SO_2 , F, HF, H_2S , CO, CN i drugih zagađujućih materija mikroorganizmi su veoma podesni za analize kvaliteta vazduha – „love“ se hranljivim podlogama i uzgajaju određeno vreme pod kontrolisanim uslovima, a potom prebrojavaju i identifikuju. Sastav i broj spora i polenovih zrna u vazduhu se određuje mikroskopski, tako što se najpre mikroskopska predmetna pločica premazana smešom želatina i glicerina izloži 15 minuta vazduhu.

9.3.3. Bioindikatori kvaliteta vode

Za razliku od hemijskih metoda, kojima se određuje samo trenutno stanje, biološki metodi ukazuju na dugotrajnije stanje vodenih ekosistema, jer bića duže „beleže“ sve uticaje, pogotovo dugoživeće vrste (sl. 281).



Sl. 281. – Bioindicacija kvaliteta vode (prema Vagner, 1987/1988)

Mnoga bića su odlični pokazatelji stepena **zagadenosti voda**, naročito organskim materijama (**saprobnosti**).

Ksenosaprobne su izvorske vode.

Zahvaljujući samoprečišćavanju (autopurifikaciji, sl. 265), tj. životnoj aktivnosti organizama i adsorpcionim procesima u mulju, posle izvesnog vremena na određenoj udaljenosti od mesta uliva polutanta dolazi do razgradnje i smanjivanja koncentracije unetih materija. Vode od **polisaprobne** (IV klasa), prelaze u **alfa-mezosaprobnu** (III klasa), pa **beta-mezosaprobnu** (II klasa) i **oligosaprobnu** (I klasa) kategoriju. Pri tome se troši dosta kiseonika, a oslobođaju toksični gasovi (SO_2 , CO_2 , NH_3 , CH_4 i dr.). Usled toga osetljivi organizmi iščezavaju, dok se tolerantni namnožavaju. Tako se životna zajednica uprošćava u pogledu diverziteta, a preživele populacije povećavaju i postaju masovne. Drugim rečima, svako stanje vode, tj. stepen njenog kvaliteta ima drugačiji sastav živoga sveta, pa i organizme **bioindikatore** (sl. 282 i 283).

KLASA	IV	III-IV	III	II-III	II	I-II	I
INDEX	4-3,5	3,5-3,2	3,2-2,7	2,7-2,3	2,3-1,8	1,8-1,5	1,5-1,0
O ₂ mg/l	<2	<2	>2	>4	>6	>8	>8
BPK5 mg/l	>15	20-10	13-7	10-5	6-2	2-1	1
NH ₄ -N mg/l	>1	>1	oko 1	<1	<0,3	oko 0,1	0

→ → pravac samoprečišćavanja → →

Sl. 282. – Alge kao indikatori kvaliteta slatkih voda (modifikovano Wagner, 1987/1988)

Katalog biljnih i životinjskih indikatora kvaliteta voda sadrži oko 2.500 vrsta. Pri oceni kvaliteta stajačih voda posebno dobri indikatori su planktonski organizmi. Na dnu se obično razvija znatno saprobnije naselje, budući da je dno mnogo bogatije organskim materijama), pa za praćenje saprobnosti u svim vodenim sistemima osnovni značaj ima naselje dna, tzv. bentos, pogotovo sesilni (pričvršćeni) oblici (oni su nepokretni, „trpe“ uticaje i reaguju na njih ili nestaju).

Zavisno od količine razgradive organske materije, odnosno stepena saprobnosti datog vodenog ekosistema, organizmi su podeljeni u četiri kategorije. Stanovnici veoma zagađenih voda su polisaprobeni, jako zagađenih – α -mezosaprobeni, umereno zagađenih – β -mezosaprobeni, a čistih – oligosaprobeni.

Polisaprobone vode su mesto masovnog razvića mikroorganizama, pogotovo bakterija i protozoa sa bičevima ili cilijama. Malo ima složenijih organizama (pojedinačnih predstavnika rotatorija, crva i insekata). Riba ovde nema.

U α -mezosaprobnim vodama se masovno mogu naći gljive koje prave prevlake po dnu. Osim njih tu su modrozelene bakterije, silikatne i zelene alge, mnoštvo bičara i cilijata, dok viših biljaka, mkušaca, pijavica, račića i larvi insekata ima sasvim malo. Od riba u ovakvim vodama može da opstane eventualno karaš.

Vode β -mezosaprobnog tipa odlikuje velika raznovrsnost naselja algi i viših biljaka. U stajačim vodama ovoga tipa se razvijaju planktonski račići, a u brzim tekućicama specifično naselje planarija, školjaka, nekih vrsta insekatskih larvi (iz redova Ephemeroptera i Trichoptera) i račića. Od riba u vodama ovoga tipa mogu živeti mrena, deverika, štuka, šaran, som i dr.

Oligosaprobone vode su staništa brojnih vrsta algi, submerznih biljaka, planarija, mkušaca, insekatskih larvi (Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera), raka, pastrmke, peša i dr. oksifilnih organiza zama.

U praktičnom radu najvažnije je da se na dobro (reprezentativno) izabranim punktovima, uzmu adekvatno veliki uzorci planktona, bentosa, perifitona, neustona i nektona, i potom u laboratoriji tačno odrede vrste u njima. Potom se, na osnovu tablica saprobnosti, odredi saprobsna vrednost svake od evidentiranih vrsta i primenom matematičke formule (u kojoj osim saprobsne vrednosti vrsta figurira i relativna gustina populacija konstatovanih vrsta) izračuna zbirni stepen saprobnosti za svaki uzorak. Ako je na istom punktu uzeto više subzajednica (npr. sa kamena, šljunka, biljaka) ili više uzoraka, onda se računa prosečan indeks saprobnosti. Uvek je vrednost dobijena za bentos veća nego za plankton.

KLASA	IV	III-IV	III	II-III	II	I-II	I
INDEX	4-3,5	3,5-3,2	3,2-2,7	2,7-2,3	2,3-1,8	1,8-1,5	1,5-1,0
O ₂ mg/l	<2	<2	>2	>4	>6	>8	>8
BPK5 mg/l	>15	20-10	13-7	10-5	6-2	2-1	1
NH ₄ -N mg/l	>1	>1	oko 1	<1	<0,3	oko 0,1	0

→ → pravac samoprečišćavanja → →

Sl. 283. – Beskičmenjaci kao indikatori kvaliteta slatkih voda (modifikovano Vagner, 1987/1988)

Često se **saprobsni indeks** kombinuje sa **ekološkim metodama ocene** stanja (koeficijenti sličnosti po Serensonu ili Žakardu*, indeksi raznovrsnosti, metod deficit-a broja vrsta i sl.).

Mikrobiološka analiza vode i mulja može prilično pouzdano da ukaže na kvalitet date vodene sredine. Radi se redovno pri kontroli vode koja se koristi za vodosnabdevanje ljudskih naselja (akumulaciona jezera, reni bunari i dr.), ali i u prirodnim vodenim ekosistemima. Koriste se različite tehnike i metodi: brojanje ukupnih i pojedinačnih kategorija bakterija, obrastanje staklenih pločica, odgajivački metodi (na hranljivim podlogama) i dr.

Posebno je bitno određivanje *koli-titra* – najmanje količine vode u kojoj je dokazano prisustvo bakterije *Escherichia coli* (sl. 266a), jer ukazuje na mogućnost fekalnog zagađenja.

* Pogledati str. 176.

10.1. ZAŠTITA I UNAPREĐIVANJE ŽIVOTNE SREDINE

(Održivi razvoj)

Čovek na Zemlji egzistira oko 20 miliona godina. Kao i sve druge biološke vrste, menjao se u skladu sa promenama okruženja. Nakon perioda paleolita u kojem je čovek bio tek jedna životinska vrsta koja zarad ishrane lovi i sakuplja druga bića iz prirode, pre oko 8.000 godina počinje neolit i intenzivniji socijalni razvoj (sl. 219).

Ljudsko društvo je do danas pretrpelo tri velike revolucije. Poljoprivredna revolucija je omogućila ljudima da ostanu na jednom mestu, prestanu da se sele i počnu da formiraju stalna naselja. Završila se krajem srednjeg veka, kada velike ekspedicije i naučna otkrića omogućavaju industrijsko-medicinsku revoluciju. Ona je dovela do masovnog premeštanja ljudi iz ruralne u urbanu sredinu i popravila higijenu i kontrolu zdravlja. Pre nekoliko decenija je otpočela informaciono-globalizaciona revolucija, koja je u toku i vodi rapidnom povećanju količine i razmene informacija među ljudima.

Velike su koristi od ovakvoga razvoja, a u konačnom obliku one dovode do porasta životnog standarda, niže smrtnosti mladih, dužeg životnog veka, niže stope rađanja. Međutim, sa druge strane je cena ovakvog ekonomskog prosperiteta: povećano zagađenje vazduha, vode i zemljišta; destrukcija i degradacija prirodnih predela i staništa mnogih vrsta; osiromašenje biodiverziteta.

Problemi nastali upropošćivanjem životne sredine su poput bumeranga.*

Da li je uopšte moguće pomiriti i usaglasiti napredak čovečanstva i opstanak života na ovoj planeti? DA LI JE ODRŽIVI RAZVOJ MOGUĆ?

Tehnološki optimisti sugerisu da će ljudska pamet zadržati održivi razvoj. Pesimisti prenaglašavaju probleme gde stanje naše životne sredine izgleda beznadežno.



Sl. 284. – Održivi razvoj je balans između potreba ljudskog društva da se razvija i prirodnog okruženja
(<http://www.bhwoodex.com/images/OdrziviRazvoj/odrzivi-razvoj,str.jpg>)

* Često se i mere čišćenja zagađene sredine pokažu kao neefikasne, a neretko preskupe ili čak i opasnije od prvobitnog zagađenja. Na primer, pokušaj smanjenja prevelikog zagađenja može previše da košta; izbacivanje ili izmeštanje izvora zagađenja iz jednog dela životne sredine izaziva probleme u drugom delu; privremeno odlaganje otpada bez stvarnih popravki u tehnološkom procesu obrade može da bude preopasno (npr. nedovoljno promišljeno odlaganje mulja nakupljenog prečišćavanjem otpadnih voda).

Istina, je verovatno, negde u sredini, tj. u balansiranju baziranom na naučnim principima održivosti razvoja savremene civilizacije.

Da bi ovaj temelj bio čvrsto sagrađen neophodno je skladno i s(a)vesno društvo, tj.:



Upoznavanje zakonitosti po kojima funkcionišu prirodni sistemi (ekosistemi), tj. izučavanje i razvoj ekologije kao nauke, u osnovi ima cilj da nas pouči kako se valja ophoditi sa sredinom u kojoj živimo, a da joj ne naudimo i da uspešno preživimo kao vrsta.

PRIRODNE EKOLOŠKE LEKCIJE

KAKO FUNKCIONIŠE PRIRODA?

- ✿ *Bazira se na obnovljivoj Sunčevoj energiji.*
- ✿ *Reciklira hranljive materije i otpad, tj. u prirodi ima sasvim malo otpada.*
- ✿ *Koristi biodiverzitet da se održi i adaptira na nove uslove sredine.*
- ✿ *Kontroliše veličinu populacija i trošenje resursa korišćenjem interakcija bića sa životnom sredinom.*

LEKCIJA ZA NAS

- ✿ *Osloniti se uglavnom na obnovljivu Sunčevu energiju.*
- ✿ *Sprečiti i smanjiti zagadenje. Reciklirati i ponovo koristiti resurse.*
- ✿ *Zaštititi biodiverzitet zaštitom staništa, tj. ekosistema i sprečavanjem prevremenog nestajanja vrsta.*
- ✿ *Smanjiti rađanje ljudi i trošenje resursa koji daju mnogo otpada, kako bi sprečili preopterećenje životne sredine zagadenjem i iscrpljivanje i degradaciju resursa.*

Očigledno ključ je u očuvanju biodiverziteta i pravilnih tokova materije i energije.

Biodiverzitet (biološka raznovrsnost) je u osnovi bogatstvo nekog prostora biološkim vrstama. Međutim, to je istovremeno i ukupna genetička raznovrsnost (uključujući i interpopulacijsku različitost, a ne samo između taksona) i raznovrsnost životnih zajednica (biocenoza) i njihovih biotopa, tj. ekosistema uopšte, na datom prostoru.

Alfa-diverzitet (α -diverzitet) je biodiverzitet (tj. bogatstvo vrstama) na određenom području, u zajednici ili ekosistemu, a izražava se preko broja taksona. O njemu je već bilo reči na str. 175 i 176 kao brojnosti vrsta i indeksu opšteg diverziteta (Šenon-Viverov ili Simpsonov matematički obrazac) u biocenozi.

Beta-diverzitet (β -diverzitet) izražava raznovrsnost vrsta između ekosistema, a uključuje poređenje broja taksona specifičnih za svaki ekosistem (može se prikazati npr. Serensenovim ili Žakardovim indeksom sličnosti).

Gama diverzitet (γ -diverzitet) se tiče razlika u prisutnim taksonima u dva regiona, tj. u poređenje uključuje veći broj ekosistema.

Filogenetski ili omega diverzitet (ω -diverzitet) kladogramske izražava razlike među taksonima.

10.2. HOMOCENTRIČNI I LAIFCENTRIČNI* POGLEDI NA ŽIVOTNU SREDINU

U svetu danas postoje dva osnovna shvatanja prirode i uloge čoveka u njoj – homocentrično i laifcentrično. Osnovna razlika između ovih shvatanja životne sredine je u tome koji značaj pridaju ulozi čoveka u problemima životne sredine.

Prvi smatraju da su ljudi najvažnija vrsta na planeti i treba da određuju kako njome da raspolažu i upravljaju.

Po drugima, ljudi su tek jedna od više miliona vrsta i treba, kao razumna bića da budu svesni odgovornosti za sopstvene i životne uslove svih ostalih bića.

Drugi stav je ekološki. **Duboka ekologija nas poziva da mnogo dublje razmišljamo o našim obavezama prema ljudskom, ali i životu drugih bića.**

Građani koji se razumeju u životnu sredinu i vode naroda treba da izgrađuju ljudske zajednice koje su održivije u prirodi i društvu. Možemo pomoći da svet postane bolje mesto tako što nećemo upasti u mentalne klopke koje vode ka odbijanju i neaktivnosti, a koje bi nas držale **dalje od osećanja vlasnika planete**. Bogati ljudi u sve većem broju dobrovoljno prihvataju životni stil u kojem više uživaju u životu, a troše manje. Evo nekih predloga rešenja za održiviji život ljudskih zajedница.

RAZVOJ DRUŠTAVA ODRŽIVIH U ŽIVOTNOJ SREDINI

UPUTSTVA

- ♣ *Učiti od prirode i kopirati je.*
- ♣ *Ne degradirati i ne iscrpljivati Zemljinu prirodna dobra i živeti od onoga što nam ona daje.*
- ♣ *Ne uzimati više nego što nam treba.*
- ♣ *Ne smanjivati biodiverzitet.*
- ♣ *Truditi se da ne štetimo bićima, vodi, vazduhu, zemljištu.*

STRATEGIJE

- ♣ *Održati biodiverzitet.*
- ♣ *Eliminisati siromaštvo.*
- ♣ *Razvijati ekoekonomiju.**
- ♣ *Formirati održiva ljudska društva.*
- ♣ *Ne koristiti obnovljive resurse brže nego što se oni obnavljaju.*
- ♣ *Koristiti održivu poljoprivrodu.*
- ♣ *Više se osloniti na lokalno upotrebljivu obnovljivu energiju Sunca, veta, vodopada i održive biomase.*
- ♣ *Potencirati prevenciju zagadenja i*

* Na engleskom reč „život“ se piše „life“, a izgovara „laif“.

** Izraz „ekološki prihvatljivo“ ili „zelena tehnologija“ zapravo ne bi uopšte trebalo koristiti, jer nema industrijskog proizvoda koji u procesu svoje proizvodnje, korišćenja ili deponovanja / reciklaže nakon upotrebe nema negativne uticaje na prirodu i/ili zdravlje ljudi. Ekološki industrijski inženjeri u razvijenom delu sveta danas se bave procenom životnog ciklusa proizvedenih artikala, odnosno LCA (od engleskog Life Cycle Assessment). Njihova analiza prati sve pojedinosti, od proizvodnje do otpada, tj. uticaje u vidu potrošnje sirovina, utroška energije i vode, doprinosa globalnom zagrevanju, toksičnosti vazduha, vode i hrane, nastanku opasnog otpada i sl. Koliko je ovo kompleksna analiza ilustruje primer izrade staklenih tegli za ambalažu. Trinaest najvažnijih proizvodnih procesa, zapravo uključuje 1959 jediničnih procesa, a svaki od njih ima niz pratećih. Za početak je potrebno 659 sirovinskih sastojaka, a svaki od njih ima svoju proizvodnu proceduru. Tokom proizvodnje staklene tegle u vodu se ispusti oko stotinu, u tle pedesetak, a u vazduh 220 supstanci. Proizvodnja stakla ima i kancerogeni uticaj. Čak 70% toga uticaja potiče od aromatičnih ugljovodonika, a da se oni, zapravo, direktno nigde ne koriste u samoj proizvodnji stakla, već se npr. 8% njih emituje pri izgradnji i održavanju fabrike, 16% se oslobađa pri zagrevanju fabričkih peći prirodnim gasom, a čak 31% pri proizvodnji gustog polietilena u koji se tegle pakuju za transport. Da li ovoliko negativnih uticaja na sredinu znači da treba odustati od staklene ambalaže? Ne, nikako. Staklo, za razliku od nekih plastika, ne luči sumnjive hemikalije tokom upotrebe, a može se beskrajno reciklirati čak 60 procenata. 28% recikliranog stakla po toni proizvedenog stakla uštedi 1900 litara vode i spreči emisiju devet kilograma CO₂ u atmosferu.

Jedan od načina za podsticaj naše *ekološke inteligencije* je da razumemo obim i tip dejstava svih proizvoda koje koristimo, a koji mogu da štete geosferi (zemljištu, vodi, vazduhu i klimi), biosferi (kancerogeni i toksični uticaj na sva bića, na biodiverzitet i zdravlje ljudi) i sociosferi (radnim uslovima u kojima radnici rade).

- ♣ **Ne menjati svetsku klimu.**
- ♣ **Ne premašivati Zemljine kapacitete.**
- ♣ **Pomagati Zemljinom kapacitetu da se sam obnavlja i reparira.**

- ♣ **Popravljati ranija ekološka oštećenja.**

- ♣ **Ostaviti свет у stanju u kakvom smo ga zatekli ili boljem.**

- smanjenje proizvodnje otpada.*
- ⌚ **Ne traći energetske i materijalne resurse.**
 - ⌚ **Reciklirati, ponovo koristiti i kompostirati 60–80% materijalnih resursa.**
 - ⌚ **Održavati brojnost stanovnika tako da ne dođe u sukob sa mogućnostima životne sredine.**
 - ⌚ **Potencirati ekološko obnavljanje.**

Suočen sa eksponencijalnim porastom broja ljudi na Zemlji, čovek kao osnovni problem danas ima **proizvodnju dovoljno i kvalitetne hrane** za sve. Drugim rečima, poljoprivredna proizvodnja je u epicentru interesovanja čovečanstva. Kako je učiniti održivom, tj. ne narušiti prirodne odnose, a opet, proizvesti dovoljno? Prema rezultatima 22-ogodišnjih uporednih istraživanja organske i konvencionalne poljoprivredne proizvodnje rešenje je u organskoj. Zašto? Zato što popravlja plodnost zemljišta; tokom sušnih godina zadržava više vlage u tlu; koristi oko 30% manje energije po jedinici polja; produkuje manje CO₂; redukuje zagađenje vode iz otpadnih reciklirajućih voda sa farmi; eliminiše zagađenje pesticidima; povećava biodiverzitet na površini i u tlu; i pomaže život divljih vrsta poput ptica i slepih miševa.

Svako od nas može, takođe, da doprinese time što će manje hrane da baca. Ako i ima ostataka njih možemo kompostirati. Osim toga, možemo jesti manje mesa ili ga uopšte ne jesti, a kućne ljubimce hraniti izbalansiranom zrnastom hranom; kupovati organsku hranu; jesti lokalno uzgajane prehrambene proizvode (štedi se na transportu i dobija na svežini i nutritivnim vrednostima), a ukoliko ima mogućnosti, i lično proizvoditi nešto hrane na organski način.

U domenu **transporta** bi mogli da: vozimo energetski efikasna vozila; pešačimo ili vozimo bicikle; koristimo šlepere za automobile ili javni prevoz; da radimo kod kuće, ili živimo blizu radnog mesta. Razloga je mnogo. Motorna vozila pružaju lične olakšice i promovišu ekonomski rast, ali, takođe, mnogo ljudi strada zbog njih ili biva povređeno, a i zagaduju vazduh, stimulišu širenje urbanih zona i zato nastaju saobraćajne gužve. Mada to ne bi bilo politički popularno, moramo da smanjimo korišćenje automobila tražeći od korisnika da plate za posledice štetnih efekata. Redizajniranje urbanog transporta je neophodno, a to podrazumeva ubacivanje pešačkih i biciklističkih staza, metroa, vozova i autobusa u planove naselja. Javni prevoz železnicom je, npr., energetski efikasniji od automobilskog, manje zagađuje sredinu, potrebno je manje prostora nego za drumove i parkinge, manje je povreda i pogibija ljudi i izbegnut je saobraćajni kolaps u gradovima. Njegovi nedostatci su: skupa gradnja i održavanje (ispлати se samo u gusto naseljenim regionima), ometanje bukom i vibracijama ljudi koji žive u blizini.

Manje trošenje energije u domu ćemo postići ukoliko: zapušimo pukotine oko vrata, prozora, luftova i postavimo izolaciju; upotrebljavamo energetski efikasnije aparate; pokušamo da koristimo energiju sunca, vetra, tekuće vode ili biomase za kućne potrebe.

Uštedu vode ćemo postići, na primer, ako: upotrebljavamo štedljive tuševe i toalete; koristimo navodnjavanje kap po kap; u dvorištu kao dekoraciju sadimo prirodne biljke za koje ne treba mnogo vode.

Korišćenje resursa mora biti pametnije. Neophodno je smanjiti korišćenje i traćenje materijala za bar 10% i funkcionisati po principu „*baciti i ponovo koristiti*“, tj. reciklirati.

Planiranje i kontrola korišćenja urbanog zemljišta bi morali da budu mnogo bolji. Podrazumevaju porast nivoa urbane kulture i svesti. Evo nekih rešenja za tzv. „**pametan rast / razvoj naselja**“:

─ uspostaviti ograničenja i pravnu regulativu (ograničiti izdavanje dozvola za gradnju, planski utvrditi i poštovati granice urbanog dela naselja i obaveznih zelenih pojaseva

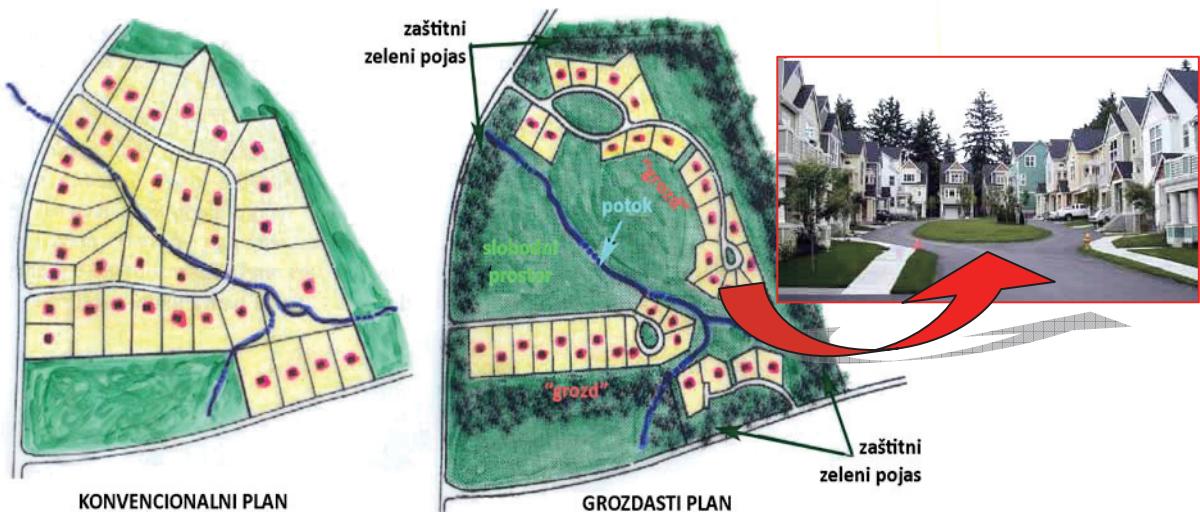
okolo, organizovati blagovremenu i široku javnu raspravu pred pravljenje novih planova za razvoj);

- ─ ekološki planirati upotrebu zemljišta (uz obaveznu procenu uticaja na životnu sredinu) u integralnim regionalnim, državnim i nacionalnim razmerama;
- ─ zonirati (podsticati višenamensko korišćenje prostora, razvoj koncentrisati uz linije javnog transporta, promovisati razvoj zbivenih nacija tipa „grodza“);
- ─ zaštiti postojeće otvorene površine (eventualno i kupiti nove) na kojima je zabranjen potencijalno ugrožavajući tip razvoja;
- ─ oporezovati zemljište zavisno od namene (najniža stopa za poljoprivredno, najviša za tzv. razvijeno zemljište, a oslobođanje od poreza za vlasnike koji konzerviraju prirodne, ili čiste upropasćene urbane zone); i
- ─ revitalizirati postojeća naselja.

Postavlja se pitanje: **Kako urbane zone učiniti održivijim i poželjnijim mestima za život?** Ljudi se sele u gradove zbog „pritiskujućih“ faktora koji ih prisiljavaju da napuste ruralne zone i „privlačnih“ faktora koji im daju nadu da će naći posao i bolji život u gradu. Međutim, urbane populacije rapidno rastu i mnogi gradovi u zemljama u razvoju su postali centri bede.

Narasta ideja da se grade sela i naselja mešovite namene unutar urbanih zona, u kojima ljudi mogu da žive, rade i kupuju blizu svojih domova.

- Razvija se tzv. ekositi (ECO-CITY) koncept. **EKONASELJE** omogućava ljudima da:
- ☺ pešače, voze bicikle ili koriste javni prevoz za većinu svojih potreba,
 - ☺ recikliraju i ponovo koriste najveći deo otpada koji naprave,
 - ☺ većinu hrane sami uzbogaju i
 - ☺ štite biodiverzitet štiteći okruženje svoga naselja.



Sl. 285. – Organizacija gradnje jednoga naselja – tipična i poželjna (grodzasta) (modifikovano <http://search.municode.com/html/19996/images/1403-11-02.jpg> i http://www.tompkins-co.org/planning/vct/image/photos_free/PBIC%20Image%20Library/cluster%20development%20housing%20dan%20burden.jpg)

U našoj zemlji je već i sada većina naselja upravo slična, samo im nedostaje komunalna i urbana sređenost, jer principi održivosti na kojima počiva koncept ekonaselja su:

- ─ **graditi gradove za ljudе, a ne za automobile;**
- ─ **efikasnije koristiti energiju i materije** (koristiti obnovljive resurse energije i električne uređaje na solarni pogon, a močvare za tretiranje otpadnih voda; najviše koristiti recikliranu vodu; ponovo koristiti i reciklirati bar 60% komunalnog čvrstog otpada);
- ─ **sprečiti zagadenja i smanjiti produkciju otpada;**

 - zaštititi biodiverzitet održavanjem, zaštitom i obnavljanjem prirodnih zona u okruženju;

 - promovisati urbane baštne (čak i na ravnim krovovima višespratnica!) i zelene pijace;

 - graditi zajednice koje promovišu kulturnu i ekonomsku raznovrsnost;

 - koristiti zoniranje i druga sredstva za održavanje broja stanovnika na prirodno održivom nivou.

Često spominjan kao poželjan vid naselja je razvoj „modela grozda“ – rešenje po meri čoveka, ali danas se uglavnom prave naselja koja ne poštuju prirodne potrebe ljudi (sl. 285).

10.3. BIODIVERZITET I UGROŽENE VRSTE

10.3.1. Konzervaciona biologija

Do sada je oko 1,8 miliona vrsta identifikovano i dobilo naučno ime, ali ih u biosferi, zapravo, ima između 3 i 30 miliona. Stopa njihovog izumiranja je danas 100–1000 puta veća nego u ne tako davnoj prošlosti, sudeći po fosilnim nalazima.

Danas, osim prirodnih, postoje i tri kategorije „kulturnih“, tj. antropogenih biocenoza: agrarne, ruderalne i biocenoze gradskih i industrijskih zona. One su uglavnom osiromašene i uprošćene u odnosu na prirodne.

Sa druge strane, svaki prirodni predeo (biom) u svojoj flori, fungiji i fauni ima retke i ugrožene vrste. Veoma je važno da se takve teritorije registruju, proglaše zaštićenim i stvarno zaštite od negativnih uticaja ljudi. Znači, *ne štite se pojedinačne vrste, nego ekosistemi*.

Konzervaciona biologija ili **konzervacija** je nauka koja pokušava da poveća verovatnoću opstanka vrsta i životnih zajednica koje danas postoje na Zemlji.

Vrsta je **retka** ukoliko naseljava malo geografsko područje ili stanište ili se javlja u veoma maloj(im) populaciji(ama), tj. predstavlja je mali broj jedinki. Mnoge vrste su po samoj svojoj prirodi retke (malobrojne), ali ne i ugrožene. Ali druge vrste silom postaju retke zbog ljudskih aktivnosti.

Osnovni uzroci što neke vrste postaju retke su: njihovo preterano istrebljivanje (ubijanje), degradiranje staništa (fizičkim uništavanjem, zagađivanjem ili uznemiravanjem) ili introdukcija konkurenčkih alohtonih vrsta (o čemu je već pisano). Genetički gledano, smanjene populacije su ugrožene jer poseduju manje potencijala da se prilagode novim uslovima, budući da je smanjen broj alela koji bi se rekombinovali i dali podesnije fenotipske odgovore na nove uslove života. Osim toga javlja se ukrštanje u srodstvu, što dodatno genetički slabi populaciju (iz generacije u generaciju opadaju plodnost, stopa preživaljavanja i otpornost na bolesti). Kada dostigne kritičnu veličinu, populacija upada u vrtlog izumiranja i nestaje. Ukoliko je bila zastupljena samo tom populacijom, to znači da ta vrsta definitivno nestaje.

Gubitak svake vrste za našu planetu je tragičan, jer se tako prave sve veće „poderotine“ u ekosistemima, tj. u prirodno harmonično podešenim mehanizmima kruženja materije i protoka energije na Zemlji, organizovanim preko kompleksnih mreža ishrane. Ako se prede granica koju Zemlja može da podnese, moguća je još jedna propast najvećeg dela živoga sveta na njoj, tj. desice se još jedna smrt jedinstvene „žive planete“.

Svetska organizacija za zaštitu prirodnih dobara se skraćeno naziva **IUCN** (International Union for Conservation of Nature). Njena veb stranica je na adresi <http://www.iucn.org/>. U Srbiji se ovim poslom bavi Zavod za zaštitu prirode Srbije (<http://www.natureprotection.org.rs/>).

Konzervacija u praksi podrazumeva pokušaj spašavanja malih populacija, koje su direktno ugrožene i preti im izumiranje. Gubitak staništa često uzrokuje ne samo smanjenje apsolutne brojnosti populacije, nego i njeno cepanje na fragmente, što je dodatno ugrožava.

Od ključnog je značaja određivanje minimalne veličine / brojnosti populacije, koja bi joj obezbedila opstanak. Za to je potrebno odlično poznavanje biologije te vrste, kako bi mogli da se uspešno naprave *simulacioni modeli* kojima se dolazi do broja jedinki neophodnog da populacija preživi sa verovatnoćom preko 90% u narednih 100 godina. Snabdeveni ovim elementarnim podatkom, borci za zaštitu počinju praktični rad (dodatno prihranjivanje, kontrolu predatora, formiranje rezervata adekvatne veličine i sl.).

Prema stepenu ugroženosti u kategorizaciji IUCN razlikuju se:

EX – iščezla (izumrla)

EW – iščezla u prirodi (održava se veštački, u rezervatu, botaničkoj bašti, akvarijumu i sl.)

CR – opasno ugrožena

EN – ugrožena

VU – osetljiva

LR/cd – pod manjim rizikom / zavisna od konzervacije (zaštite)

LR/nt ili NT – uskoro potrebna zaštita

DD – nedovoljno podataka

LR/lc ili LC – najmanje zabrinjavajuća.

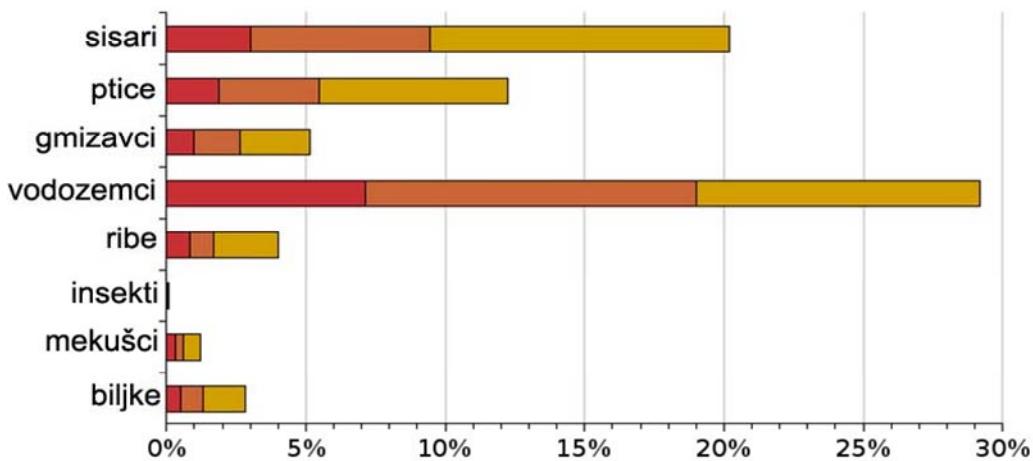
Tabela 16. – Broj vrsta tretiranih po IUCN po krupnijim taksonima (1996–2007.)

GRUPA	Broj				
	opisanih vrsta	tretiranih vrsta			
		1996/98.	2007.	2007. kao % od opisanih	2007. kao % od tretiranih
Vertebrata					
Sisari	5.416	1.096	1.094	20%	22%
Ptice	9.956	1.107	1.217	12%	12%
Gmizavci	8.240	253	422	5%	30%
Vodozemci	6.199	124	1.808	29%	31%
Ribe	30.000	734	1.201	4%	39%
Zbir	59.811	3.314	5.742	10%	23%
Invertebrata					
Insecta	950.000	537	623	0,07%	50%
Mekušci	81.000	920	978	1,21%	44%
Rakovi	40.000	407	460	1,15%	83%
Korali	2.175	---	5	0,23%	38%
Ostali	130.200	27	42	0,03%	51%
Zbir	1.203.375	1.891	2.108	0,18%	51%
Biljke					
Mahovine	15.000	---	79	0,53%	86%
Paprati i sl.	13.025	---	139	1%	66%
Golosemenice	980	142	321	33%	35%
Dicotyledones	199.350	4.929	7.121	4%	74%
Monocotyledones	59.300	257	778	1%	68%
Zelene alge	3.715	---	0	0%	0%
Crvene alge	5.956	---	9	0,15%	16%
Zbir	297.326	5.328	8.447	3%	70%
Ostalo					
Lišajevi	10.000	---	2	0,02%	100%
Gljive	16.000	---	1	0,01%	100%
Mrke alge	2.849	---	6	0,21%	40%
Zbir	28.849	---	9	0,03%	50%
UKUPNO	1.589.361	10.533	16.306	1%	39%

U tabeli 16 je prikazan napredak Svetske organizacije u pogledu zaštite vrsta u periodu od 1996. Do 2007. godine.

Iz ove tabele je očigledno da je „posao“ skoro priveden kraju za najkrupnije organizme (kičmenjake i više biljke), ali da ostaje još izuzetno mnogo da se radi na istraživanju i predlaganju zaštite sitnijih, koji su inače dominantni po broju vrsta, do sada velikim delom ostavljeni i neopisani, a ekološki neistraženi, tj. nesagledani sa aspekta uloge u biocenozama i ekosistemima.

„Međunarodna Crvena knjiga“ (evidencija ugroženih, osetljivih, nestajućih ili iščezlih vrsta) je sve deblja. 1972. g. u njoj je bilo 236 vrsta sisara, 287 ptica, 155 vodozemaca i gmizavaca i mnogo riba. Stanje iz 2007. g. (sl. 286) ukazuje na najveću ugroženost vodozemaca. To nas ne čudi, jer je u toku era zagrevanja planete i, posledično, redukcija zastupljenosti vodenih i vlažnih staništa. Svesni deo čovečanstva je, 1971. godine doneo tzv. **Ramsarsku konvenciju** (po mestu održavanja skupa, Ramsar, u Iranu), kojom se danas štite 1.763 močvarne lokacije u svetu, koje zauzimaju 161 milion hektara (<http://www.ramsar.org/>). U Srbiji je osam lokaliteta, na 53.714 hektara, dobilo pokroviteljstvo ove konvencije: Obreška bara, Ludaško jezero, Stari Begej – Carska bara, Slano Kopovo, Labudovo okno, Peštersko polje, Gornje Podunavlje i Vlasina (<http://ramsar.wetlands.org/Database/Searchforsites/tabid/765/Default.aspx>).



Sl. 286. – Kritične (crveno), ugrožene (narandžasto) i osetljive vrste (žuto)
(modifikovano http://en.wikipedia.org/wiki/Image:IUCN_Red_List_2007.png)

Podaci o biodiverzitetu Srbije i Crne Gore i pregled vrsta od međunarodnog značaja su objavljeni 1995. godine (videti Stevanović i Vasić, 1995). Pojedine kategorije organizama su, zahvaljujući stepenu neistraženosti, ostale nedovoljno obrađene. Iz kategorije makrogljiva su 73 vrste potencirane kao međunarodno značajne; iz lihenoflore 12 vrsta; 22 vrste makroalgi; 8 vrsta mahovina; oko 320 vrsta ili podvrsta viših biljaka*. Faunistička istraživanja zaostaju, pa i u pogledu evidentiranja međunarodno značajnih i potencijalno ugroženih taksona. Mnoge kategorije životinja su delimično, ili uopšte nisu, evidentirane na teritoriji Srbije i Crne Gore. Tako se kao međunarodno značajno navodi 11 vrsta ameba sa ljušturom (pitanje je šta je sa brojnim drugim praživotinjama), četiri vrste Rotatoria, pet vrsta i podvrsta slatkovodnih

* Pitanje je da li je to potpun i konačni spisak, jer je svaka četvrta vrsta biljaka (tačnije 27%, odnosno ukupno 1754) na Balkanskem poluostrvu endemična. Istina, najviše balkanskih endema je u Grčkoj (46%). Na teritoriji Srbije i Crne Gore ima 197 endemičnih balkanskih vrsta i podvrsta. Drugim rečima, balkanski endemiti predstavljaju 8,06% flore Srbije, odnosno 7,11% flore Crne Gore.

oligoheta, 21 kišnih glista, 185 puževa, 56 račića, 20 kosaca, 35 pseudoškorpija, 15-ak grinja, preko 360 insekata, 23 riba, 21 ptica.*

Pred istraživačima naših prostora je veliki zadatak pomnijeg sakupljanja i popisivanja fungija i faune, jer na mapi Evrope naša teritorija ostaje često kao nepoznata belina, uprkos činjenici da je Balkansko poluostrvo važan centar evropskog biodiverziteta, kao i da su okolne zemlje uglavnom završile (ili privode kraju) svoje spiskove vrsta, a sada samo biomonitorinški prate njihovu sudbinu i alarmiraju javnost u slučaju uočavanja opadanja brojnosti u populacijama retkih ili endemičnih taksona.

Očuvanje živoga sveta jedinstvene žive planete je imperativ današnje civilizacije. Pošto se živi svet može očuvati samo u njegovom prirodnom okruženju, problemu se pristupa holistički, tj. zaštitom čitavih ekosistema ili bioma (formiraju se rezervati prirode, nacionalni parkovi). Prvi nacionalni park u svetu, Jelouston u SAD, je osnovan 1872. godine. Na teritoriji Srbije su *nacionalni parkovi* Fruška gora, Đerdap, Tara, Kopaonik i Šar-planina (tab. 17).

Tabela 17. – Podaci o nacionalnim parkovima Srbije (prema <http://www.natureprotection.org.rs>)

Naziv	Proglašenje		Kategorija		Opština	Površina (ha)
	godina	revizija	IUCN	nacionalni		
1. Tara	1981.	1993.	II	I	Bajina Bašta	19.200,00
2. Kopaonik	1981.	1993.	V	I	Raška, Brus	11.800,00
3. Šar-planina	1986.	1993.	II	I	Štrpcce, Kačanik, Prizren, Suva Reka,	39.000,00
4. Fruška Gora	1960.	1993.	V	I	Novi Sad, Sremski Karlovci, Beočin, Bačka Palanka, Šid, Sremska Mitrovica, Irig, Indija	25.393,00
5. Đerdap	1974.	1993.	IV	I	Golubac, Majdanpek, Kladovo	63.680,45

U niže kategorije zaštite spadaju:

- ☒ *rezervati prirode*,
- ☒ *specijalni rezervati prirode*,
- ☒ *zaštićeni predeli*,
- ☒ *spomenici prirode i*
- ☒ *parkovi prirode*.

Kako se opredeljuje da li određeni prostor treba da bude podvrgnut nekom stepenu zaštite?

To zavisi od njegovog bogatstva vrstama, procene stepena unikatnosti i stepena ugroženosti njegove(ih) biocenoze(a). Ovo su principi nalik svojstvima ostrvske biogeografije, ako bolje pogledamo. Osim toga, veoma je važno dobro isplanirati i povezati mrežu zaštićenih područja, tako da se postigne njihova komplementarnost.

* Fauna najobimnijih taksona životinja (nematoda, grinja i insekata) je na prostorima Srbije i Crne Gore samo delimično popisana.

10.4. ZAKLJUČAK

Ekologija i zaštita životne sredine nisu jedno te isto.

Ekologija otkriva, a zaštita primenjuje prirodne zakone u cilju održanja života na Zemlji.

Zaštita i unapređivanje životne sredine jesu trajna obaveza čovečanstva. Jedino racionalno iskorišćavaje prirode (pažljivo planiranje ekonomije tako da ne ugrozi „ekologiju“), po konceptu održivog razvoja, može obezbediti opstanak čitavoj raznovrsnosti živog sveta na Zemlji.*

Oblast zaštite i unapređivanja životne sredine je kompleksna, interdisciplinarna nauka i aktivnost. Da bi bila uspešna, ne sme da se udalji od prirodnih zakonitosti koje vladaju u nenarušenim ekosistemima, tj. MORA DA POŠTUJE PRIRODNE ZAKONE KOJE JE EKOLOGIJA OTKRILA ILI OTKRIVA.

Pitanja za samoproveru znanja

1. Navedite one antropogene uticaje na živi svet koje znate.
2. Šta su to tačkasti, a šta netačkasti izvori zagađenja?
3. Zagadivači biosfere mogu biti višestruko štetni. Kako?
4. Koje su sve materije polutanti vazduha?
5. Kako nastaju kisele kiše?
6. Šta znate o spoljašnjim aerozagadnjima?
7. Usled čega je prisutno siromašenje ozonskog ekrana?
8. Šta je to unutrašnje aerozagadjenje?
9. Kakve su posledice aerozagadjenja na zdravlje ljudi i svetsku klimu?
10. Postoje li načini da se smanji zagađivanje vazduha?
11. Šta znate o svetlosnom zagađenju?
12. Odakle potiče i koliko je opasno jonizujuće zračenje kao zagađenje?
13. Zašto je buka vid zagađenja?
14. Koji su vidovi degradacije zemljišta?
15. Koliko su danas u svetu prisutne dezertifikacija i zaslanjivanje zemljišta?
16. Kako upotreba pesticida doprinosi zagađivanju zemljišta?
17. Postoji li rešenje za sve veći problem gomilanja opasnog otpad i otpada uopšte?
18. Koje načine zagadenja vode znate?
19. Da li je autopurifikacija voda svemoćni proces ?
20. Postoje li načini za smanjenje zagađenja prirodnih vodenih sistema?
21. Koji su organizmi indikatori zagađenja zemljišta?
22. Ima li bioindikatora zagađenja vazduha?
23. Koji su organizmi indikatori zagađenja vode ?
24. Objasnite relacije između biodiverziteta i ugroženih vrsta.



* Možda je jedan od načina da se doprinese boljitu planete formiranje novih naučnih disciplina, sozologije i bioekonomije. **Sozologija** (sozo – branim, štitim; logos – nauka) je nauka o društvenoj razmeni materije i energije. Ona razrađuje puteve i mogućnosti upravljanja razmenom materije u interesu razvoja čovečanstva. **Bioekonomija** teži da objedini prirodne, tehničke i društvene nauke, radi nalaženja veze između privrednog rasta, karakteristika životne sredine i nivoa fundamentalnih znanja.

PRILOZI****Kalendar važnijih datuma***

02. februar – Dan močvarnih područja
22. mart – Dan voda
31. mart – Dan borbe protiv pušenja
07. april – Dan zdravlja
22. april – Dan planete Zemlje
30. april – Dan Zavoda za zaštitu prirode Srbije
15. maj – Dan akcije za klimu
22. maj – Dan biodiverziteta
24. maj – Evropski Dan parkova
05. jun – Dan zaštite životne sredine
08. jun – Dan okeana
17. jun – Dan borbe protiv isušivanja i poplava
11. jul – Dan populacije
16. septembar – Dan zaštite ozonskog omotača
18. septembar – Dan geologa
26. septembar – Dan čistih planina
27. septembar – Dan eko-turizma
04. oktobar – Dan zaštite životinja
06. oktobar – Dan zaštite staništa



* Prilozi su uglavnom iz radne sveske za polaznike seminara koji je odobrilo Ministarstvo prosvete i sporta Republike Srbije pod nazivom *Biologija i permanentno obrazovanje vaspitača i učitelja*, autora Pešić, S., Radojević, I., Pešić, A., Mlađićević, D. i Srećković, K., objavljene 2002. godine od strane Srpskog biološkog društva „Stevan Jakovljević“ iz Kragujevca i PMF Univerziteta u Kragujevcu (pogledati Kataloge programa stručnog usavršavanja zaposlenih u obrazovanju za školsku 2002/2003. i 2003/2004. godinu Ministarstva prosvete i sporta Republike Srbije).

KAKO SPASITI ZEMLJU?

⊕ Sva bića koja naseljavaju planetu Zemlju su podjednako važna.

⌚ Ljudi kao svesna bića, moraju da se ponašaju mnogo odgovornije prema životu, tuđem i svom, tj. da probude EKOLOŠKU SVEST I SAVEST u minut do dvanaest.

☒ Čovek, malim uštedama i promenama navika može da pomogne, i to tako što treba da:

- koristi manje deterdženta pri pranju,
- koristi platnene pelene umesto plastičnih,
- sakuplja stari papir (njegova prerada spasiće neko drveće),
- raseca i «gužva» plastičnu ambalažu,
- kupuje «na veliko», tj. u velikim pakovanjima, ili «na meru»,
- umesto plastičnih kesa upotrebljava papirne – njih priroda ume da razgradi,
- umesto velikih kesa upotrebi platnenu torbu ili pletenu korpu za kupovinu,
- koristi staklenu ambalažu, jer je zdravija, a može se nanovo puniti (ako se i polomi, pretopi se i napravi nova), dok će jedna bačena aluminijumska konzerva zagađivati sredinu 500 godina,
- zatvori rupe oko prozora i vrata, kako zima ne bi «krala» toplotu i skupo plaćena energija se rasipala,
 - jednom u dva meseca ispusti oko dva litra vode kroz ventil na dnu bojlera (smanjiće se taloženje kamanca, a bojler raditi bolje i duže),
 - zatvori slavinu dok pere zube i tako uštedi svaki put do 35 litara vode ako samo ispere četkicu i usta,
 - ne pušta isuviše vode da otiče iz nužnika,
 - koristi tuš, a ne potop,
 - ne kupuje sprejeve ni aparate za gašenje požara na kojima piše da su punjeni CFC-om, koji guta ozon,
 - izbegava stiropor,
 - ima dobro podešen automobil koji troši do 9% manje benzina i tako 9% manje otrovnih gasova ispušta u vazduh,
 - koristi baterije koje se mogu puniti i tako smanjuje opasni otpad,
 - koristi sijalicu od 100 vati koja daje isto svetlosti kao dve od po 60 vati, a štedi energiju,
 - ne koristi odeću koja se ne gužva i posteljinu koja se ne pegla, jer su otrovne,
 - ne kupuje ukrase od slonovače, korala, kože gmizavaca, krvna mačaka i druge proizvode od ugroženih vrsta i
 - tako dalje...*

MNOGO MOŽEMO. VAŽNO JE DA HOĆEMO i DA UMEMO, jer ZNAMO.

Razmislite sami!!!



* GRUPA AMERIČKIH AUTORA *AKCIJA ZA ZEMLJU*; prevod NIKIČEVIĆ, K. i BELAŠEVIĆ, B. (1991): *Kako spasiti zemlju*. Kultura: studio „Angel“, Beograd.

Kvalitetno i svrsihodno obrazovanje je temelj budućnosti čovečanstva.



**Učenici lokalne škole se čude raznovrsnosti oblika života
u jednom kostarikanskom rezervatu prirode.**

**Zar nije bolje tako, nego da nam se desi nešto kao na ovoj fotomontaži,
tj. da priroda „uzvrati udarac“?**



Završna reč

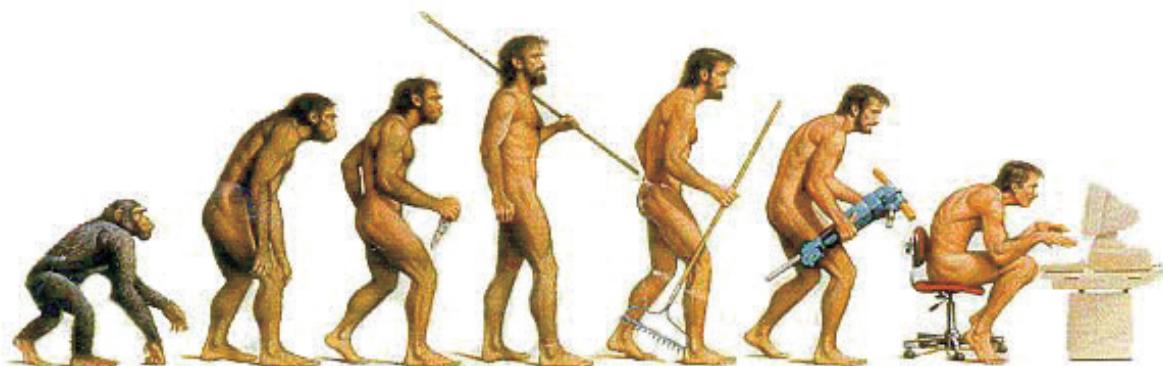
„Kako može da se proda ili kupi nebo i toplina zemlje? Tako nešto sasvim nam je strano. Mi nismo vlasnici svežine vazduha i bistrine vode. Pa kako ih možemo kupiti? Svaki delić ove zemlje svet je mom narodu. Svaka blistava borova iglica, svako zrno peska na rečnom sprudu, svaki pramen izmaglice u tami šume sveti su u mislima i u životu mog naroda...“

„Buka mi vređa uši. Šta vredi život ako čovek ne može čuti krik kozoroga ili noćnu prepirku žaba u bari?... Indijanac voli zvuk vetra kada se poigrava površinom močvara. I miris povetarca osvežen popodnevnom kišom ili borovinom.“

Najveće blago crvenog čoveka je vazduh. Sve živo deli isti dah – životinja, drvo i čovek. Svima je taj dah potreban.“

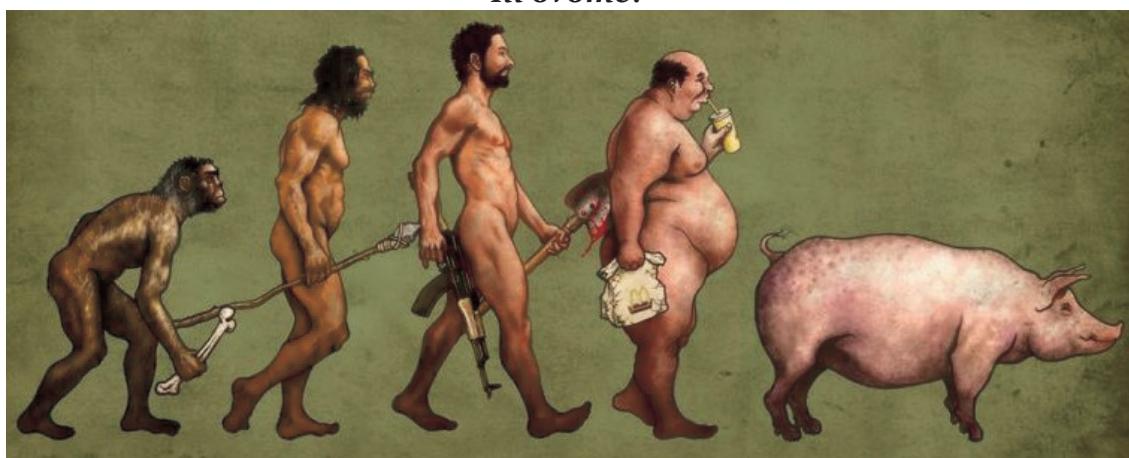
Reči indijanskog poglavice
iz plemena Sijetla
prilikom potpisivanja ugovora
sa američkim predsednikom Pirsom*

Šta mi to radimo, sebi i drugima? Da li ovome težimo?



(<http://www.clemson.edu/caah/history/facultypages/PamMack/lec124/evolution.jpg>)

Ili ovome?



(http://www.joe-ks.com/archives_apr2006/EvolutionOfMan.jpg)

* Postoje osporavanja da je do toga susreta ikada došlo, ali mudrost u rečenom je neosporna.

Literatura:

1. «Akcija za Zemlju» - grupa američkih autora; prevod Nikičević, K. i Belašević, B. (1991): *Kako spasiti zemlju*. Kultura: studio «Angel», Beograd.
2. Andelković, M. (Urednik) (2005): *Biodiverzitet na početku novog milenijuma*; zbornik radova sa naučnog skupa održanog 24. novembra 2005. SANU, Beograd: 202 str.
3. Beeby, A., Brennan, A. M. (2003): *First Ecology; Ecological Principles and Environmental Issues*. Oxford University Press. Prevod: Polić, O., Čirbić, I. (2008): Osnove ekologije; Ekološki principi i problemi zaštite životne sredine. CLIO, Beograd: 690 str.
4. Begon, M., Harper, J. L., Townsend C. R. (1996): *Ecology*. Third edition. Blackwell Science: 1068 pp.
5. Berberović, L.J. (1971): *Mala biogeografija*. Zavod za izdavanje udžbenika, Sarajevo: 117 str.
6. Berry, R. J., Crawford, T. J. & Hewitt, G. M. (Eds.) (1992): *Genes in Ecology*; 33rd Symposium of The British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications: 534 pp.
7. Bobrinski, N. A. (1956): *Zoogeografija; Kratak kurs, deo I i II*. Nolit, Beograd: 146 str.
8. Бродский, А. К. (2001): *Краткий курс общей экологии*; Учебное пособие; издание 5-е. ДЕАН, Санкт-Петербург: 224 стр.
9. Бродский, А. К. (2002): *Введение в проблемы биоразнообразия; иллюстрированный справочник*. ДЕАН, Санкт-Петербург: 144 стр.
10. Camburnac, L. (2001): *Dinosauri i druge izumrle životinje*. (Prevod Vilić, I. i Milošević, N.). ITP «Zmaj», Novi Sad.
11. Cavalier-Smith, T. (1998): A revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews* **73**: 203-266. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=685>
12. Cavalier-Smith, T. (2006): Protozoa: the most abundant predators on earth. *Microbiology Today*, Nov. 2006, pp. 166-167. http://www.sgm.ac.uk/pubs/micro_today/pdf/110605.pdf
13. Chapman, J. L. & Reiss, M. J. (2003): *Ecology – Principles and Applications*; Second Edition. Cambridge University Press: 332 pp.
14. Cifrić, I. (1989): *Socijalna ekologija; Prilozi zasnivanju discipline*. Globus, Zagreb: 378 str.
15. Cotgreave, P. & Forseth, I. (2002): *Introductory Ecology*. Blackwell Science: 280 pp.
16. Čomić, L.J. (1999): *Ekologija mikroorganizama*. Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac: 201 str.
17. Danchin, É., Giraldeau, L. A. & Cézilly, F. (Eds.) (2008): *Behavioural Ecology*. Oxford University Press, 874 pp.
18. Dobson, M. & Frid, C. (2009): *Ecology of Aquatic Systems* – 2nd Ed. Oxford University Press, 874 pp. 321.
19. Durbešić, P. (1988): *Upoznavanje i istraživanje kopnenih člankonožaca*. Hrvatsko ekološko društvo i dr. Ante Pelivan, Zagreb: 77 str.
20. Đukanović, M. (1991): *Ekološki izazov*. ELIT, Beograd: 492 str.
21. Elton, C. S. (2001): *Animal Ecology*. University of Chicago Press: 209 pp. http://books.google.com/books?id=lZvgTuB9Gh4C&printsec=frontcover&dq=editions:ISBN0226206394&source=gbs_summary_r&cad=0#PPR43,M1
22. Fink, N. (1965): *Ekologija životinja i zoogeografija*. (Izvadak iz Zoogeografije od str. 205 do 262). Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
23. Garms, H. i Borm, L. (1981): *Fauna Evrope - priručnik za raspoznavanje životinjskih vrsta*. (Prevod Matoničkin, I., Habdija, I. i Tvrtković, N.). Mladinska knjiga, Ljubljana: 550 str.
24. Goleman, D. (2010): *Ekološka inteligencija – poznavanje skrivenih uticaja onoga što kupujemo*. Geopoetika izdavaštvo, Beograd: 200 str.
25. Gorz, A., Bosquet, M. (1978): *Ecologie et politique*. Editions du Seuil, Paris. Prevod: Stojanović, I., Jovanović, K. (1982): *Ekologija i politika*. IRO Prosveta, Beograd: 253 str.
26. Gračanin, M. i Ilijanić, L.J. (1977): *Uvod u ekologiju bilja*. Školska knjiga, Zagreb: 318 str.
27. Grginčević, M. i Pujin, V. (1998): *Hidrobiologija*. Priručnik za studente i poslediplomce. Ekološki pokret grada Novog Sada, Novi Sad: 212 str.
28. Grinnell, J. (1917): The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk* **34**: 427–433.

29. Grubišić, F. (1988): *Ribe, rakovi i školjke Jadrana*. "Naprijed", Zagreb: 239 str.
30. Henderson, P. A. (2003): *Practical Methods in Ecology*. Blackwell Publishing: 163 pp.
31. Hine, R. S. & Martin, E. (Eds.) (2008): *A Oxford Dictionary of Biology*; Sixth Edition. Oxford University Press: 717 pp.
32. Horvat, I., Glavač, V., Ellenberg, H. (1974): *Vegetation Südosteuropas*. Geobotanica selecta, Bd. 4. Gustav Fischer Verlag, Jena.
33. Hutchinson, G. E. (1957): Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22 (2): 415–427. <http://artifex.org/~ecoreaders/lit/Hutchinson1957.pdf>
34. Jakovljević, S. J. (1951): *Kratki kurs ekologije sa osnovama hidrobiologije*. Naučna knjiga, Beograd: 165 str.
35. Janković, M. M. (1966): *Fitoekologija sa osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na Zemlji*. II izdanje. Naučna knjiga, Beograd: 550 str.
36. Janković, M. M. (1985): *Fitogeografija*. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Beogradu i Jugoslovenski zavod za produktivnost rada i informacione sisteme, beograd: 425 str.
37. Janković, M. (1995): *Biodiverzitet - suština i značaj*. Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd: 212 str.
38. Janković, M. M. i Atanacković, B. S. (1999): *Biogeografija sa pedologijom*. Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd: 444 str.
39. Jakšić, P. (2003): *Crvena knjiga dnevnih leptira Srbije (Lepidoptera: Hesperioidea i Papilionoidea)*. Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd: 198 str.
40. Kanaet, T. (1955): *Biogeografija*. Naučna knjiga, Beograd: 56 str.
41. Karaman, M. S. (1964-1965): Putevi i perspektive zoocenoloških istraživanja. 23 *Zbornik Filozofskog fakulteta u Prištini*, Knjiga II: 353-366.
42. Kerovec, M. (1988): *Ekologija kopnenih voda*. Hrvatsko ekološko društvo i dr. Ante Pelivan, Zagreb: 75 str.
43. Kojić, M., Popović, R. i Karadžić, B. (1997): *Vaskularne biljke Srbije kao indikatori staništa*. IBI "Siniša Stanković", Beograd: 160 str.
44. Kojić, M., Popović, R. i Karadžić, B. (1998): *Sintaksonomski pregled vegetacije Srbije*. IBI "Siniša Stanković", Beograd: 218 str.
45. Krebs, C. (1994): *Ecology - The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Fourth Edition. Harper Collins College Publishers: 801pp.
46. Lakušić, R. (1978): *Sinekologija i zaštita ekosistema i životne sredine*. Skripta. PMF Univerziteta u Sarajevu.
47. Lazije, K. (2001): *Priroda i njene neobične pojave*. (Prevod Habijan, V.). ITP «Zmaj», Novi Sad: 125 str.
48. Lopatin, I. (1995): *Zoogeografija*. (Prevod S. Pešić). Zim-Prom, Kragujevac: 277 str.
49. Lopatin, I., Matvejev, S. D. (1995): *Kratka zoogeografija sa osnovama biogeografije i ekologije bioma Balkanskog poluostrva*. Ljubljana: 166 str.
50. Marcon, E. i Mongini, M. (1986): *Sve životinje sveta*. (Prevod Ančić, V.); «Vuk Karadžić», Beograd: 352 str.
51. Marković, D., Vukmirović, Z., Veselinović, D., Janković, M., Popović, R., Gradojević, Z., Dimitrijević, J. i Đorđević, V. (1981): *Detekcija i kontrola životne sredine*. Naučna knjiga, Beograd: 527 str.
52. Marković, D. Ž. (1996): *Socijalna ekologija*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd: 395 str.
53. Matvejev, S. (1961): *Biogeografija Jugoslavije; Osnovni principi*. Biološki institut N. R. Srbije, Posebna izdanja, Knj. 9, Naučna knjiga, Beograd: 232 str.
54. Matvejev, S. D. i Dimovski, A. (1963): Predlog zoološke klasifikacije životnih formi za ekološku analizu vrsta i biocenoza. *Arh. biol. nauka*, 15 (1-2): 75-88.
55. Matvejev, S. D. i Puncer, I. J. (1989): *Karta bioma - Predeli Jugoslavije i njihova zaštita*. Prirodnički muzej u Beogradu, Posebna izdanja, Knj. 36: 76 str.
56. Milankov, V. (2007): *Osnove konzervacione biologije I*. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad: 295 str.
57. Miller, G. T. (2007): *Essentials of Ecology; Sustaining the Earth*. Thomson Higher Education: 384 pp.

58. Mišić, V. (1964): *Ekološki faktori i njihov značaj za biljni svet*. Zavod za izdavanje udžbenika SRS, Beograd: 184 str.
59. Mršić, N. (1997): *Živeli naših tal; Uvod v pedozoologijo – sistematika in ekologija s splošnim pregledom talnih živali*. Tehnička založba Slovenije, Ljubljana: 382 str.
60. Mučababić, S. (1960): *Osnovi ekologije*. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo: 211 str.
61. Naudin, C., Vibert-Guigue, F., Olivaux, T., Camara, Ch., Delpoux, L. & Cornu, O. (1999): *Enciklopedija za mlade LAROUSSE - Avantura života*. (Prevod: Kapor, D. V., Kapor, V. D.); ITP «Zmaj», Novi Sad.
62. Odum, E. P. (1974): *Fundamentals of Ecology*. Third Edition. W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto.
63. Odum, E. P. (1975): *Ecology: The Link Between the Natural and the Social Sciences*. Second Edition. Holt, Rinehart and Winston, London: 244 pp.
64. Odum, E. P. (1997): *Ecology: A Bridge Between the Science and Society*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA: 331 pp.
65. Papović, R. i Šapkarev, J. (1985): *Animalna ekologija*. Naučna knjiga, Beograd: 285 str.
66. Picton, B.E. & Morrow, C.C. (2007): [In] *Encyclopedia of Marine Life of Britain and Ireland*. <http://www.habitas.org.uk/marinelife/species.asp?item=C8560>
67. Požar-Domac, A. (1988): *O biologiji mora*. Hrvatsko ekološko društvo i dr. Ante Pelivan, Zagreb: 84 str.
68. Pešić, D., Veselinović, D., Savić, I., Đorđević, D. i Pavlović, N. (2006): *Rečnik ekologije i zaštite životne sredine; englesko-srpski*. Građevinska knjiga a. d., Beograd: 941 str.
69. Pešić, S. (1998): *Ekologija životinja*. Neautorizovana skripta sa predavanja. Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet: 98 str.
70. Pešić, S. (2008): *Osnove ekologije*. Neautorizovana skripta sa predavanja. Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet: 317 str.
71. Radović, I. (1996): *Ekološko obrazovanje i zaštita životne sredine*. 5. Kongres ekologa Jugoslavije – Zbornik plenarnih referata, Beograd: 85-94.
72. Radović, I. (2007): *Ekologija, biogeografija i zaštita životne sredine*. Zbornik radova Simpozijuma: Biologija – Stanje i perspektive; Šezdeset godina Srpskog biološkog društva; Beograd: 107-145.
73. Radović, I. i Petrov, B. (1999): *Raznovrsnost života I; Struktura i funkcija*. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd: 423 str.
74. Rožaja, D. i Jablanović, M. (1982): *Zagađivanje i zaštita životne sredine*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Kosova, Priština: 311 str.
75. Sarić, R. M. (Urednik) (1984): *Vegetacija SR Srbije I*. SANU, Beograd: 1-189.
76. Sarić, R. M. i Vasić, O. (Urednici) (1984): *Vegetacija SR Srbije II; Šumske zajednice I*. SANU, Beograd: 474 str.
77. Savić, I. R. (1972): Sistemska ekologija – nova oblast ekološke nauke. *Savremena biologija*, Beograd; 12: 9-14.
78. Savić, I. R. (1984): Ekologija čoveka – posebna naučna disciplina. *Savremena biologija*, Beograd; 15/2: 1-2.
79. Savić, I. R. (1996): Ekologija i zaštita životne sredine. 5. Kongres ekologa Jugoslavije – Zbornik plenarnih referata, Beograd: 1-14.
80. Savić, I., Terzić, V. (1999): *Ekologija i zaštita životne sredine za I razred srednjih stručnih škola*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd: 149 str.
81. Savić, I. R. (2006): Sto četrdeset godina ekološke nauke. *Ecologica*, Beograd; 13(48): 67-68.
82. Savić, I. R. (2008): Diversification of the Balkan Fauna: Its Origin, Historical Development and Present Status. *Advances in Arachnology and Developmental Biology*. Vienna – Belgrade – Sofia, Monographs, 12: 57-79.
83. Schwerdtfeger, F. (1968): *Ökologie der Tiere. Band II: Demökologie*. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin.
84. Schwerdtfeger, F. (1975): *Ökologie der Tiere. Band III: Synökologie*. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin.
85. Schwerdtfeger, F. (1977): *Ökologie der Tiere. Band I: Autökologie*. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin.

86. Simić, S. B. i Simić, V. M. (2009): *Ekologija kopnenih voda (hidrobiologija)*. Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet i Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet; Beograd, Kragujevac.
87. Smith, R. L. & Smith, T. M. (2003): *Elements of Ecology*. Fifth Edition. Benjamin Cummings: 682 pp.
88. Southwood, T. R. E. & Henderson P. A. (2000): *Ecological Methods*. Third Edition. Blackwell Science: 575 pp.
89. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран – членов СЭВ (1977): Унифицированные методы исследования качества вод; часть III – Методы биологического анализа вод; издание третье. Приложение I – Индикаторы сапробности. Совет экономической взаимопомощи. Москва: 91 стр.
90. Speight, M. R., Hunter, M. D. & Watt, A. D. (2008): *Ecology of Insects; Concepts and Applications*. Second Edition. Wiley-Blackwell Publishing: 628 pp.
91. Stanković, S. (1933): *Okvir života. Načela ekologije*. Nolit, Beograd: 142 str.
92. Stanković, S. (1939): *Životni prostor*. Zadruga Politika i društvo, Beograd: 112 str.
93. Stanković, S. (1940): *Životni prostor*. Širom sveta, Beograd 1/1: 17-21.
94. Stanković, S. (1954): *Okvir života. Načela ekologije*. Drugo izdanje. Naučna knjiga, Beograd: 286 str.
95. Stanković, S. (1962): *Ekologija životinja*. Prvo izdanje. Zavod za izdavanje udžbenika Narodne Republike Srbije, Beograd: 432 str.
96. Stanković, S. (1968): *Ekologija životinja*. Drugo izdanje. Zavod za izdavanje udžbenika Socijalističke Republike Srbije, Beograd: 432 str.
97. Stanković, S. (1977): *Okvir života. Načela ekologije*. Treće izdanje. Glas, Beograd: 270 str.
98. Stevanović, B. i Janković, M. (1996): *Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka*. NNK International IX: 514 str.
99. Stevanović, V. i Vasić, V. (Urednici) (1995): *Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja*. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu i „Ecolibri“, Beograd: 562 str.
100. Stevanović, V. (Urednik) (1999): *Crvena knjiga flore Srbije I; Iščezli i krajnje ugroženi taksoni*, XIII. Ministarstvo za životnu sredinu Republike Srbije, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu i Zavod za zaštitu prirode Republike Srbije, Beograd: 566 str.
101. Šegulja, N. i Hršak, V. (1988): *Priručnik za fitocenološka i ekološka istraživanja vegetacije*. Hrvatsko ekološko društvo i dr. Ante Pelivan, Zagreb: 93 str.
102. Škorić, D. i Olga Vasić (ed.) (2006): *Vegetacija Srbije II; Šumske zajednice 2*. SANU, Beograd: 369 str.
103. Tarman, K. (1992): *Osnove ekologije in ekologija živali*. Državna založba Slovenije, Ljubljana: 515 str.
104. Townsend, C. R., Begon, M. & Harper, J. L. (2008): *Essentials of Ecology*. Third Edition. Blackwell Publishing: 510 pp.
105. Tucić, N. (1987): *Uvod u teoriju evolucije*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd: 271 str.
106. Wagner, D. (1987/1988): Kvalitet voda (2). *Biološki list* 35 (5-6): 65-71.
107. Veljović, V. (1982): *Ekologija i geografija biljaka*. Univerzitet «Svetozar Marković» u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac.
108. Vernadskky, W. I. (1945): *The Biosphere and the Noosphere*. Amer. Sci., 33.
109. Вернадский, В. И. (1989): *Биосфера и ноосфера*. Наука, Москва.
110. Wharton, D. A. (2002): *Life at the Limits; Organisms in extreme environments*. Cambridge University press: 307 pp.
111. Whittaker, R. H. (1975): *Communities and Ecosystems*, Macmillan.
112. Vujić, A. (2007): *Osnove konzervacione biologije II*. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad: 163 str.
-

Brojni **Internet izvori** citirani kroz tekst.

Pogovor

Poštovani Čitaoče,

Iz svake, pa i najlošije napisanog udžbenika, se može izvući korist, tj. u svakom ima upotrebljivih informacija. U popisu literature na kraju ovoga je naveden samo deo mnogo brojnih radova i knjiga iz ekologije i zaštite životne sredine.

Internet tehnologija je otvorila velika vrata svima koji žele više znanja. Olakšala je rad onima koji već po nešto znaju. Meni je, takođe, pri pisanju ovog udžbenika bila od velike koristi (pogotovo <http://en.wikipedia.org/>). Ipak, upozoravam sve koji su još nedovoljno vešti u njenom korišćenju, da budu oprezni i višestruko proveravaju podatke ili fotografije do kojih pretraživanjem stignu. Materijalne greške nisu retke ni u prelepim TV emisijama o prirodi u kojima sam čula brojne primere i neke navela u ovoj knjizi.

Pokušala sam da sakupim i povežem u celinu činjenice kojima i vi sami, verovatno, raspolažete. To povezivanje treba da nas lako provede kroz labyrin spoznaje o Zemlji kao planeti u beskrajnom Kosmosu, ali JEDINOJ STVARNO ŽIVOJ. Nadam se da smo na tom putu zajedno, vi čitajući, a ja pišući, uspešno razotkrivali zakonitosti po kojima život na Zemlji, divno, istovremeno i jednostavno i vrlo kompleksno, funkcioniše stalno se menjajući. Bilo bi dobro da preko poslednjeg segmenta knjige (posvećenog antropogenim delovanjima, a pisanog po uzoru na „Esencija ekologije“ Miller-a G. T. iz 2007. g.) zajedno zaključimo kako bi mi, ljudi, kao vrsta trebalo da naučimo da osluškujemo i shvatamo skladnu melodiju PRIRODE i u nju se ukomponujemo, ali bez pravljenja disonantnih tonova, tj. grešaka katastrofalnih i po nas same.

Radovalo bi me ako smo zajedno uspeli da sintetizujemo i sastavimo u poučnu i jasnú ideju, celinu raznorodnih znanja koja su nam bila rasuta, čiju uslovjenost nismo spoznali, i da tako „naoružani“ umemo da „odsviramo“ bar prve akorde na osetljivom, ali prekrasnom, tananom i neponovljivom instrumentu zvanom živi svet i priroda. Ponavljam, da bi uspešno na njemu svirali, treba da nastavimo da slušamo i gledamo pažljivo, mnogo i strpljivo učimo od prirode, i beskonačno nesebično mislimo o tome kako da sami budemo bolji, jer mi (treba da) smo svesna i razumna vrsta (*Homo sapiens*). Ovaj udžbenik pruža tek početnu poziciju onima koji harmoniju sa živom Zemljom stvarno žele i zato studiraju nauku koju vole.

Gotovih, opštezadovoljavajućih i sveobuhvatnih odgovora nema ni u jednoj knjizi, ni drugim izvorima znanja. Svaki nudi tek kockice, a kakav ćemo mozaik po određenoj temi složiti, zavisi od naše zainteresovanosti i kreativnosti. Jedno ne smemo zaboraviti – **najopasniji vid zagađenja je, zapravo, mentalno zagađenje**. Čuvajmo ga se! Budimo originalni, ali i razumni.

(snpesic@kg.ac.rs)

Indeks taksona

<i>Abies alba</i>	94
<i>Acinonyx jubatus</i>	166
<i>Acrasiomycota</i>	43
<i>Acrididae</i>	123
<i>Actinomycetes</i>	42
<i>Afrosoricida</i>	55
<i>Agaricus bisporus</i>	49
<i>Agnatha</i>	47
<i>Alismatales</i>	45
<i>Allolobophora</i>	54
<i>Alopex lagopus</i>	97
<i>Amphibia</i>	46,47
<i>Angiospermae</i>	44
<i>Animalia</i>	41,46,49
<i>Annelida</i>	46
<i>Anodonta cygnea</i>	128
<i>Anopheles maculipennis</i>	180
<i>Anopheles quadrimaculatus</i>	86
<i>Anostraca</i>	154
<i>Anthozoa</i>	46
<i>Anura</i>	47
<i>Anthocerophyta</i>	44
<i>Apis mellifica</i>	123
<i>Aplacophora</i>	47
<i>Apterygota</i>	47
<i>Aptinus</i>	118
<i>Apus apus</i>	166
<i>Arachnida</i>	47
<i>Arales</i>	45
<i>Araliales</i>	45
<i>Archaeabacteria</i>	42
<i>Archaeornithes</i>	48
<i>Archiannelida</i>	46
<i>Aristolochiales</i>	45
<i>Artemia salina</i>	106,123
<i>Arthropoda</i>	47
<i>Artiodactyla</i>	48
<i>Arvicola terrestris</i>	162
<i>Ascomycotina</i>	48,109
<i>Asterales</i>	45
<i>Asteroidea</i>	47
<i>Athene noctua</i>	156
<i>Aurelia aurita</i>	89
<i>Australopithecinae</i>	40
<i>Aves</i>	46,48
<i>Bacillariophyta</i>	42
<i>Bacteria</i>	41,49
<i>Basidiomycotina</i>	48,109
<i>Bellis perennis</i>	87
<i>Bembex</i>	88
<i>Betulales</i>	45

<i>Bivalvia</i>	47
<i>Boraginales</i>	45
<i>Bos taurus</i>	116
<i>Brachinus explodens</i>	118
<i>Broscus cephalotes</i>	118
<i>Bryophyta</i>	44
<i>Bryozoa</i>	55
<i>Bufo bufo</i>	115
<i>Calcarea</i>	46
<i>Calliphoridae</i>	132
<i>Calosoma sycophanta</i>	118
<i>Campanulales</i>	45
<i>Capparales</i>	45
<i>Capreolus capreolus</i>	156
<i>Carabidae</i>	117
<i>Carassius carassius</i>	124
<i>Carinatae</i>	48
<i>Carnivora</i>	48
<i>Caryophyllales</i>	45
<i>Cataglyphis cursor</i>	88
<i>Celastrales</i>	45
<i>Cephalochordata</i>	47
<i>Cephalopoda</i>	47
<i>Ceratitis capitata</i>	64
<i>Ceratodus</i>	15
<i>Ceratophyllum demersum</i>	93
<i>Cervus elaphus</i>	151
<i>Cestodes</i>	46
<i>Cestus veneris</i>	89
<i>Cetacea</i>	48
<i>Charophyceae</i>	44
<i>Charophyta</i>	43
<i>Chelicerata</i>	47
<i>Chelonia</i>	47
<i>Chilopoda</i>	47,168
<i>Chiroptera</i>	48
<i>Chlorophyta</i>	43, 44
<i>Chondrycties</i>	47
<i>Chordata</i>	47,48
<i>Chromista</i>	49
<i>Chrysocloris</i>	55
<i>Chrysophyta</i>	42
<i>Ciliophora</i>	43
<i>Cladocera</i>	87,162
<i>Clostridia</i>	42
<i>Clostridium</i>	128
<i>Cnidaria (=Coelenterata)</i>	46,116
<i>Coelomata</i>	48
<i>Coniferales</i>	44
<i>Conus</i>	111
<i>Copepoda</i>	162
<i>Coregonus wartmanni</i>	115
<i>Cormophyta</i>	44
<i>Cornales</i>	45

<i>Cottus</i>	115	<i>Galerida cristata</i>	15
Coxsackie-virus	83	Gastropoda	47
Crinoidea	47	Gentianales	45
Crocodilia	48	Geraniales	45
Crustacea	47	<i>Gigantopithecus</i>	40
Cunoniales	45	<i>Ginkgo biloba</i>	44
Cyanobacteria (=Cyanophyta)	42	Ginkgoales	44
Cyclostomata	47	Gramineae	55
<i>Daphnia</i>	123	<i>Gryllotalpa</i>	55
<i>Daphnia cucullata</i>	87	Gymnophiona	47
Demospongia	46	Gymnospermae	44
<i>Dendrobaena</i>	54	Hamamelidales	45
<i>Dermestes lardarius</i>	131	<i>Harpalus</i>	88
Deuteromycotina	48	Hemichordata	47
Diapsida	48	Hemiptera	123
Diatomea	42	Hexactinellida	46
Dicotyledones	45,277	<i>Hippocampus</i>	123
<i>Dicrocoelium dendriticum</i>	132	Hirudinea	46
Dilleniales	45	<i>Hirudo medicinalis</i>	112
Dinoflagellata	42	Holothorioidea	47
Dioscoreales	45	<i>Holothuria tubulosa</i>	127
Diplopoda	47	<i>Homo</i>	40
Diplozi	47	<i>Homo sapiens</i>	11
Diprotodontia	48	Hydrozoa	46
Dipsacales	45	Hymenoptera	55
Dryopithecidae	40	Hyracoidea	48
<i>Drosera</i>	91	Insecta (=Hexapoda)	47,277
<i>Drosophila</i>	137	Insectivora	48
<i>Dytiscus marginatus</i>	117	Invertebrata	277
<i>Echeneis naucrates</i>	128	<i>Ips typographus</i>	157
Echinodermata	47	Iridales	45
Echinoidea	47	Juglandales	45
Edentata	48	Juncales	45
<i>Embocephalus stankovici</i>	15	<i>Labidura riparia</i>	88
Ephedrales	44	Lacertilia	48
Ephemeroptera	115	Lamiales	45
<i>Ergates faber</i>	64	Lapideum	41
Ericales	45	<i>Lentinus edodes</i>	49
<i>Escherichia coli</i>	42,128,130,270	<i>Lepidosiren</i>	15
Eubacteria	42	<i>Lepomis gibbosus</i>	21
Euglenophyta	42	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	157
Eukariota	42	<i>Leptospira</i>	133
Eumetazoa	46	<i>Ligula intestinalis</i>	116
Eumycota	48	Liliales	45
<i>Eunice viridis</i>	161	<i>Lithobius</i>	124
<i>Euphydryas aurinia</i>	15	<i>Loxostege sticticalis</i>	86
Euphorbiales	45	<i>Lumbricus rubellus</i>	54
Eutheria (=Placentalia)	48	<i>Lutra lutra</i>	116
Fabales	45	<i>Lymantria dispar</i>	164
Fagales	45	<i>Lymantria monacha</i>	154
<i>Falco peregrinus</i>	166	Magnoliiales	45
<i>Fierasfer acus</i>	127	Malvales	45
<i>Formica rufa</i>	85	Mammalia	55
Fungi	41	Marchantiophyta	44
Fungi (=Mycetalia, Mycota)	48	Marsupialia	55

Mastigomycotina.....	48
<i>Melanoplus mexicanus</i>	164
<i>Melasoma populi</i>	85
Merostomata.....	47
Metatheria (=Marsupialia)	48
<i>Microtus arvalis</i> 148,154,157,161,164	
<i>Moina macrocopia</i>	164
Mollusca.....	47
Monera (=Bacteria, Prokariotae).....	41
Monocotyledones	45,277
Monoplacophora	47
Monotremata	48
<i>Motacila flava</i>	130
Muridae	55
<i>Mus domesticus</i>	14
<i>Mus hortulanus</i>	14
<i>Mustela putorius</i>	164
<i>Musca</i>	131
<i>Musculium</i>	128
Myriapoda	47
Myrtales.....	45
Myxobacteria.....	42
Myxomycota	43,48
<i>Nannospalax leucodon</i>	15,55
Nematoda	46
Neornithes	48
<i>Noemacheilus</i>	115
<i>Nameus</i>	127
Notoryctemorphia	55
<i>Notoryctes typhlops</i>	55
Notoryctidae	55
Notostraca	154
<i>Nyctalus noctula</i>	151
Nymphaeales	45
Odonata	115
Oligochaeta	46
<i>Oligonychus ununguis</i>	145
Oomycota	43
Ophidia.....	48
Ophiuroidea.....	47
Orchidales	45
<i>Orgyia</i>	123
Osteichthyes	47
<i>Ostrea edulis</i>	155
<i>Palingenia longicauda</i>	141
Pandanales.....	45
<i>Panorpa communis</i>	122
Papaverales.....	45
<i>Papilio aurina</i>	15
<i>Paramecium</i>	117,162
Parapsida	48
Parazoa	46
<i>Parus</i>	97
<i>Parus major</i>	156
<i>Passer domesticus</i>	157
Passiflorales.....	45
Pauropoda.....	47
<i>Pediculus humanus corporis</i>	86
<i>Peloscolex stankovici</i>	15
<i>Penicillium</i>	49
Peryssodactyla	48
Phaeophyta	43
Phasmidia	123
Phoronidea	55
<i>Phragmytes australis</i>	93
<i>Physalia physalis</i>	127
Picnogonida	47
<i>Pinna nobilis</i>	127
<i>Pinguicula</i>	91
<i>Pipa americana</i>	115
Pisces	46,47
<i>Pisidium</i>	128
Plantae	41,43,49
<i>Plasmodium</i>	87
<i>Plasmodium vivax</i>	84
Platodes (=Platyhelminthes)	46
<i>Platynus dorsalis</i>	118
Plecoptera	115
<i>Pleurotus ostreatus</i>	49
Plumbaginales.....	45
Poaceae	54
Poales.....	45
Polemoniales.....	45
Polychaeta.....	46,55
Polygonales.....	45
Polyplacophora	47
Polyprotodontia	48
Porifera	46
Potamogetonales.....	45
Primulales	45
Proboscidea	48
Prosimiae	48
Protista	41,42,43,46,48,49
<i>Protopterus</i>	15
Prototheria	48
Protozoa	43,46,49,55
Pselaphinae	151
Psychidae	123
Pterydophyta	44
Pterygota	47
<i>Pyrausta nubilalis</i>	86
Pyrrophyta	42
<i>Quercetum confertae cerris</i>	173
<i>Quercus cerris</i>	173
<i>Quercus confertae</i>	173
<i>Quercus ilex</i>	83
Ramapithecus	40
<i>Rana</i>	82

<i>Rana temporaria</i>	86	<i>Taenia</i>	155
Ranunculales	45	<i>Talpa europaea</i>	55
Ratitae.....	48	<i>Talpidae</i>	55
Reptilia	47	<i>Tamaricales</i>	45
Rhinia	44	<i>Taxales</i>	44
Rhodophyta	43	<i>Tenebrio molitor</i>	87,131
Rhynchitidae.....	115,123	<i>Testudo hermani</i>	145
Rickettsia	42	<i>Tetraodontidae</i>	117
Rodentia.....	48,55,114	<i>Theales</i>	45
Rosales.....	45	<i>Thymelaeales</i>	45
Rotatoria	55,82,87	<i>Thiobacillus denitrificans</i>	191
Rutales	45	<i>Trichoptera</i>	116
Salicales.....	45	<i>Tripanosoma</i>	116
<i>Salmonella</i>	133	<i>Tubifex</i>	23
<i>Salvelinus fontinalis</i>	63	<i>Trematodes</i>	46
<i>Salvinia natans</i>	93	<i>Trilobitomorpha</i>	47
Sapindales.....	45	<i>Tuber cibarium</i>	49
Sarcodina	43	<i>Tubulidentata</i>	48
<i>Sarcophaga</i>	131	<i>Tunicata</i>	47
Sarcophagidae	132	<i>Turbellaria</i>	46
<i>Sardinops melanosticta</i>	88	<i>Unio</i>	131
Saxifragales	45	<i>Unio pictorum</i>	128
Scaphopoda	47	<i>Uniramia</i>	47
<i>Scarabaeus</i>	123	<i>Urodela</i>	47
Scrophulariales	45	<i>Urticales</i>	45
Scyphozoa	46	<i>Vallisneria spiralis</i>	21
Simiae	48	<i>Vegetabilia</i>	41
Sirenia	48	<i>Vermes</i>	46
<i>Sitophilus granarius</i>	90,91	<i>Vertebrata</i>	47,277
<i>Sitophylus oryzae</i>	86	<i>Viola macedonica</i>	182
<i>Spalax leucodon</i>	15	<i>Violales</i>	45
Spermatophyta	44	<i>Vorticella</i>	55,127
<i>Sphaerium</i>	128	<i>Vulpes zerda</i>	97
Spirochaeta	42	<i>Welwitschia mirabilis</i>	89
Spongia	46	<i>Xanthophyta</i>	43
Sporozoa.....	43	<i>Zebrina</i>	132
Squamata	48	<i>Zebrina detrita</i>	147
Staphilinidae	118	<i>Zoochlorella</i>	130
<i>Stentor</i>	85	<i>Zoothamnium</i>	19
<i>Sterna fuscata</i>	161	<i>Zoomastigina</i>	43
<i>Streptococcus faecalis</i>	130	<i>Zooflagellata, Mastigophora</i>	43
Sympyla.....	47	<i>Zygomycotina</i>	48,109
Synapsida.....	47		

Indeks pojmova

- α -diverzitet 272
 α -zračenje 234
 abiotički ekološki faktori 61
 abisalna zona 104, 107
 abisalopelagijal 107
 acidofilnea biljka 58, 101
 adaptivna plastičnost 55
 adenda (dopunski) ekološki faktori 62
 aerobionti 59
 aerozagadenje 221
 afotični organizam 75
 afotična zona 107
 agregacija 21
 akaricid 245
 aktivna rezistencija 116
 akvatikola 60
 Alenovo pravilo 96, 97
 Alexander von Humboldt 57
 alfa-mezosaprobnna voda 255, 268
 Alfred Wegener 34
 alelopatija 133
 alge 43, 108, 269
 algofag 109
 alijansa 130
 alohtona vrsta 205
 amensalizam 133
 amfibiotični organizmi 133
 amfitokija 123
 analitička ekologija 16
 analogija 55
 anatomija 15, 87
 antibioze 127, 130
 antibiotik 133, 254
 Antiborealni region 210
 antropogeni uticaj 217
 aparentna (relativna) brojnost 141
 aperiodična dinamika populacije 161
 aposemija 78, 117
 apsolutna brojnost ili cenzus 141
 apsolutna nula 82
 apsolutna vlažnost vazduha 90
 apsorbovana doza 234
 areal 18, 203
 arealografija 204
 arenikola (=psamobionti) 59, 60
 arenotokija 123
 arhaičnost 35
 arheopteriks 40
 arheozoik 39
 arktičke pustinje 206
 Arktogeja 213

- Aristotel 46
 aspektivnost 181
 atmobilonti 59
 atmosfera 33, 221
 Australijsko carstvo 208
 autekologija (=idioekologija) 16, 53, 137
 autohtonu vrsta 205
 autoorganizacija 18
 autopurifikacija 23, 255, 257
 autoregulacija 18
 autoreprodukcijsa 18
 autotomija 118
 autotrofan 42
 autotrof 43, 108, 190
 azonalna vegetacija 2018
 β -diverzitet 272
 β -zračenje 234
 baktericidne i fungicidne materije 119
 Batezijanska mimikrija 117
 batijalna zona 107
 batipelagijal 107, 210
 bazofilna biljka 58, 101
 bekerel 234
 bental 103
 bentos 102, 103, 104, 270
 Bergmanovo pravilo 96, 97
 beta mezosaprobnna voda 255, 268
 big bang 29
 biljojed 174, 179
 binominalna nomenklatura 41
 biocen 187
 biocenologija 17, 137, 173
 biocenoza 10, 12, 18, 19, 21, 173, 272, 276
 biodiverzitet 272
 biofag 109
 biogeocenoza 22, 187
 biogeografija 15, 16, 203
 biogeosfera 24, 197
 bioindikator 265, 266, 268
 biološki tipovi 59
 biološka sistematika 14
 biološki sat 75
 bioluminiscencija 74
 biom (predeo, landšaft) 24, 98, 99, 195, 197
 bioremedijacija 248
 biosfera 11, 23, 33, 196
 biotekton 105
 biotički ekološki faktori 61
 biotički potencijal 162
 biotop 17, 18
 biotrof 131
 briofag 109
 briga za potomstvo 115
 briogeografija 208
 broj dezintegracija 234

brojnost populacije	140
buka	239
Burgess	12
Cavalier-Smith	49
cecidofagija	110
celofag	109
cenografski	16
CFC	225
citologija	15
classis.....	46
CR.....	276
"Crvena knjiga"	277
crvene plime	260
cvetanje algi.....	42
cvetnice.....	44
Čarls Darwin	7
Čepman	162
čvrsti otpad	246
DD	277
DDT	245
dehidrogenaza	84
demekologija	17,137
demotop	140,160
deponija	246
desikacija	96
deuterotokija	123
devon	39
dezertifikacija	243
dijapauza	76,87
dikotila	45
dinamika populacije.....	140,161
distribucija (prostorni raspored)	140,144
distrofna jezera	105
dominantna vrsta	173
dominantnost	175
drejf kontinenata	33
drimikola	60
društva na nivou populacije	126
edafobionti	59
edafotop	22
edafski faktori	99
edifikator	173
Edvard Zis	23,197
efekat nestajanja	120
efikasnost ekosistema	193
egdizis	87
egzoparazit	110,132
ekofiziologija	15
ekologija	7,13,203,272,273,279
ekologija biljaka (fitoekologija)	12
ekologija čoveka	8,12
ekologija ponašanja	25
ekologija pustinja	25
ekologija životnih zajednica	25
ekologija životinja (zooekologija)	12
ekološka dužina života	158
ekološka gustina populacije	141
ekološka inspekcija	240
ekološka niša	53
ekološka politika	12
ekološka valenca	62
ekološki faktor	17,61
ekološki kapacitet Zemlje	219
ekološki kompleks	24
ekološki (ostvareni) natalitet	156
ekološki pokret	8
ekološki spektar	64
ekološki treg čovečanstva	219
eko-naselje	275
ekonomija	14
ekosfera	23,24,197
ekosistem	11,22,25,173,187
ekosistemologija	12,17,137,187
ekosistemska ekologija	17,25
eksploatacija energetskih resursa	237
eksploatacija mineralnih resursa	241
ekstrapopulacijski faktori	137
ekstrazonalna vegetacija	208
ektomikoriza	109
ektosimbioza	113
ektoterm	80
ekvatorijalna kišna šuma	207
ekvilibrum populacije	162,163
El Ninjo	88
elektronski otpad	250
elektrostatički taložnik	229
embriologija	15
emerzne biljke	93
emigracija	145,146
EN	276
endemit	34,204
endemična vrsta	34
endemizam	35,206
endofita	58
endomikoriza	108,109
endoparaziti	110,131
endosimbioza	113
endoterm	80
endotrofobioza	113
entokija	127
entomofag	109
epiedafon	102
epifita	57,58
epilimnion	79,104
epineuston	104
epipelagijal	107,210
epiziit	109
epizitija	130
epokija	127
Ernst Haeckel	7

- erozija zemljišta 241,242,243
 estivacija 87
 etioliranje 71
 etologija 15,93,152
 etoplastični ekološki faktori 62
 eufotična zona 107
 eukariotski organizmi 42
 eukserofite 91
 eulitoral 103
 euribar 63,95
 euribiont 62
 eurifag 63,112
 eurifotični organizam 63,75
 eurihalina vrsta 63
 eurihidrični organizam 63
 euriterm 85
 euriterma vrsta 62
 eutrofizacija 255,257,258
 eutrofna jezera 105
 eutrofne biljke 100
 evaporacija 80,244
 eventualni ekološki faktori 61
 evolucija 18,23,25,39, 203,204,206,209
 evoluciona ekologija 25
 EW 276
 EX 276
 fakultativni mutualizam 130
 fakultativni parazitizam 132
 fakultativno kalcifilne biljke 58
 familija 46,125
 fanerofita 57,58
 fauna 205
 faunogenetički metod 210
 faunogeneza 209
 fekunditet 155
 fenofaze 98,181
 fenologija 98
 fenološka pojava 98
 feromoni 96
 fertilitet 155
 fikocenoza 173
 filofag 109
 filozofija 14
 fitalna zona 103
 fitocenologija 180
 fitocenoza 22,173,179
 fitoedafon 57
 fitofag 109
 fitofil 175
 fitogeografija 203,206
 fitoncid 94,133
 fitoplankton 57
 fitoremedijacija 248
 fizika 14
 fiziografski 16
 fiziologija sa biohemijom 15
 fiziološka dužina života 158
 fiziološka suša 89
 fiziološki mortalitet 157
 fiziološki natalitet 156
 fizioplastični ekološki faktori 62
 fiziotropi 245
 flora 205
 flotantne biljke 93
 fluktuacije 163
 forezija 95,127
 formalinski metod 54,142
 formalni elementi strukture populacije 140
 fotobiont 75
 fotofob 72,75
 fotohemijski smog 225
 fotolitortrof 190
 fotoperiodizam 71
 fotosinteza 43,108,190
 fototrof 108
 frekventnost 175
 frigorifilni 85
 fruktikola 109
 fungia 205
 fungicid 245
 funkcionalni element strukture pop.140,152
 γ -diverzitet 272
 γ -zračenje 234
 gajnjača 53
 gasovi staklene bašte 228
 generalista 63
 genetika 15
 genetička ekologija 25
 genus 46
 geofil 175
 geofilni skakavci 55
 geofita (=kriptofita) 57,58
 geografija 14
 geologija 14,197
 gilda 179
 glacijacija 34,40
 Glogerovo pravilo 97
 godišnja dinamika populacije 161
 golosemenice 40,44,277
 Gondvana 34
 gradacija 163
 Gram-negativne bakterije 42
 Gram-pozitivne bakterije 42
 graminifilni skakavci 55
 grej 234
 grinja kućne prašine 227
 Guido Nonveiller 102
 gustina populacije 140
 habitat 17
 habitus 83

habitus populacije	140,147	homeostaza	19
hadal	107	homeotermna zona	104
hadopelagijal	107	homeotermni organizam	80
halofita	101	homologija	55
halofitne bakterije	42	homotipski kolektiv organizama	138
haloklina	104	homotipski odnosi	114,120
hamefita	57,58	horiocenoza	21,179
heliobiont	75	horologija	204
heliofita	58	hortobiont	175
helofita	57,71	humana ekologija	8,12
heliofob	75	humifikacija	100
helioterm	81	idiografski	16
hematofag	109	imigracije	146
hemija	14	imigranti	152
hemispska ekologija	25	imunitet	117
hemispska zaštita	115,116	indeks biodiverziteta	178
hemikserofite	91	indeks opšteg diverziteta	175
hemikriptofita	57,58	indeks ravnomernosti	176
hemiparazit (meroparazit)	132	indeks sličnosti	176
hemoautotrof	190	indiferentne biljke	100
hemotrof	108	indikatori	100
hemoklina	104	industrijski otpad	246
hemosinteza	190	industrijski smog	225
herbicid	245	informatika	14
herbikola (=fitobiont)	59	inicijalna biljna zajednica	181
heterogonija	151	insekticid	245
heteroterm	80	insularna distribucija jedinki	145
heterotermna zona	104	integralna teorija	168
heterotipski odnosi	114,127	interglacijacije	40
heterotipska populacija	21	interkalar	182
heterotrof	42,108	interspecijske relacije	114
heterotrofni organizam	192	intoksikacija sredine	126
Heydemann	175	intrapopulacijski faktori	137
hibernacija	84,87	intraspecijske relacije (odnosi)	114,120
hidrofil	91	intrazonalna vegetacija	208
hidrofite	58,59,93	introdukcija	147
hidrografski ekološki faktor	102	isparavajuća snaga vazduha	64
hidrologija	14	IUCN	276
hidrosfera	33	Jaccard	176
hidrotop	22	jarovizacija	83
higrofil	91,175	jednopolne (uniseksualne) populacije	151
higrofita	57,59,92	jetrenjače	44
hiperparazit	110,131	jonizujuće zračenje	234
hipolimnion	79,104	jura	40
hiponeuston	104	kalcifilna biljka	58,100
hipotermija	84	kalcifobna biljka	58,100
histofag	109	kambrijum	39
histologija	15	kanibalizam	110,123,160
hladnokrvni organizam	80	kapilarna voda	90
hlorofil	42,43,44,49	karakterističnost vrsta	175
Holantarktičko carstvo	208	karbon	39
Holarktičko carstvo	208	Karl Line	41,46
holografski	16	katalaza	84
holozojska ishrana	42	kauzalna zoogeografija	209
homeohidrične ili izohidre	89	kavernikola (=troglobionti)	59

kenozoik	40	lijane	57
kiri	234	limacid	245
kisela kiša	102,223	limikola (=pelobionti)	59
klimatogena biljna zajednica	181	limnion	104
klimatogena vegetacija	207	Lindeman	11
klimatologija	197	Line	58
klimatop	22	Linkolnov indeks	141
klimatska pravila	96	lišajske praznine	266
klimatske teorije	168	litoral	103,104,106,181,210
kohorta	158	litosfera	31
koli-titar	270	litotrof	190
komensalizam	127,128,133	Lorenc i fon Friš	152
kompenzirajući efekat	65	lotičke vode	102
kompeticija	126,130,131,140	LR/cd	277
kompleks populacija	173,178,179	LR/lc ili LC	277
komunalni otpad	246,250	LR/nt ili NT	277
kondicionalni ekološki faktori	61	lunarna (mesečna) dinamika	161
konglobacija	21	konglobacija	21
konkurenca	140	mahovine	44
konstantnost	175,181	makrofauna	102
konstitucija populacije	140	markiranje teritorije	124
kontinentalne ploče	33	Martino	60
konturni metod	204	matematičko modeliranje	25
konzervaciona biologija	276	matematika	14
konzervativna vrsta	205	materijalni ekološki faktori	61
konzument	174,189	materijalne pripreme	121
koprofag	109	Matvejev	60
kopulacija	122	Mebius	10,173
Koriolisov efekat	95	medicina	14
kormus	19	megafauna	102
kormofita	43	melaninska pigmentacija	97
kortikola	109	merocenoze	21,104,179
korumpent	182	merofag	109
korvigid	245	mesožder	192,193
kosmos	29	metalimnion	104
kreda	40	metamorfoza	56
krenon	105	metanogene bakterije	42,191
kriofite	91	meteorologija	14
kriptička sličnost	78,117	metod markiranja	141
kruženje materije	187	metod tačaka	204
ksenosaprobnna voda	268	mezofauna	102
kserofil	91	mezofil	91
kserofite	58,91	mezofilni mikroorganizam	82
ksilofag	109	mezofita	58,92
kkumulativna distribucija jedinki	145	mezopelagijal	107
lanac ishrane	11,192	mezostenoterman	63
landšaft	99	mezotip	63
landšaftno-zonalni metod	210	mezozoik	40,205
lapidikola (=mezolitobiont)	59	migracija	160
Lavrazija	34	mikocenoza	22
lentičke vode	102	mikoplazme	42
leptir monarch	56	mikoriza	49,108
Leslijeva metoda	142	mikrobiocenoza	22,173
Libigovo pravilo minimuma	64,65	mikrofauna	102
lignikola (=dendrobionti)	59	miksotrof	108

mimikrija	78
mimikrična sličnost	119
mineral	241
mineralni resursi	241
mirmekofag	109
Mlečni put	30
model grozda	275
modrozelene bakterije	39,42
molekulofag	109
monofagi	63,112,175
monokotila	45
morfologija	15,70,87
morfoplastični ekološki faktori	62
mortalitet (smrtnost)	140,157,160,162
mreža ishrane	194
mrtva rezerva vode/koeficijent venjenja	90
mutualizam	129
nacionalni park	279
natalitet	140,155,156,160,162
nauka o razviću	15
nekrofag	109
nekrotrofija	132
nekton	59,104
Neogeja	213
Neotropsko carstvo	208
neravnomerna distribucija jedinki	145
netačkasti izvor zagađenja	220,255
neuston	102, 104
neutralizam	134
neutrofilne biljke	58,101
nidikola (=ekobionti)	59
nitratne biljke	100
nivikola	60
nomadizam	146
noosfera	24
Notogeja	213
nuklearna elektrana	236
nuklearna energija	234,236
nuklearna fisija	235
nuklearna fuzija	238
nuklearni otpad	234,236,237,238
nuklerani reaktor	236
ω-diverzitet	272
obeležavanje (markiranje) teritorije	124
obligatni parazit (holoparazit)	132
obstant	182
ocedljiva (gravitaciona) voda	90
odnosi samoodržanja	114
održivi razvoj	271
Odum	17
oglašavanje	125
okeanologija	14
oksidaza	84
oksilofite	91
oligofag	112,173
oligostenoterman	63
oligosaprobnna voda	255,268
oligotip	63
oligotrofni	104
oligotrofnna biljka	100
oligotrofno jezero	105
omnivor	112
opasan otpad	246
opnena (adsorptivna) voda	90
opšta gustina populacije	141
ordo	46
ordovicijum	39
organska evolucija	15
orografska	14
orografski faktori	98
ozon	221,224
ozonski ekran	225
paleontologija	203
Paleogeja	213
Paleotropsko carstvo	208
paleozoik	40
Pangea	34
papratnjače	44
paratrof	108
parazit	43,109,192
parazitizam	131
parazitoid	131
parazitska kastracija	132
parcijalni paraziti (semiparaziti)	132
Park	12
parokija	127
park prirode	279
partenogeneza	123
pasivna mehanička odbrana	116
pasivna rezistencija	116
patogenija	133
PCB	247
pedofauna	102
pedofil	101
pedologija	14
pelagijal	107,210
perifiton	104
perm	39
pesimum	63
pesticid	220,223,231,245
petrikola (=epilitobionti)	59,60
phylum	46
Pielou	176
piknoklina	104
piramida biomase	176,193
piramida brojeva	11,176,193
piramida energije	176
planikola	60
plankton	59,104
plazma lampa	247

podzol	53
pojkilohidrična vrsta	89
pojkilotermni organizam	80
pokrovnost	180
polarna ekologija (=arktička)	25
polifag	175
polifagija	112
polisaprobsna voda	255,268
polistenoterman	63
politička ekologija	25
politikologija	14
politip	63
polna srazmerna	151
polna struktura populacije	150,150
polucija	220
polupustinja	206
poluskiofite	58
polutant	228
ponašanje populacije	140,152
populacija	19,137
populaciona ekologija	17,25,137
populaciona konstitucija	154
postreproduktivna kategorija	148
potamon	105
potencijal razmnožavanja	156
povremeni (temporalni) paraziti	132
prag bola	239
prave mahovine	44
prave paprati	44
pravilo koncentracije	196,235
praživotinje	43
predatorstvo	130
predeona ekologija	25
predeoni tip	60
prečice	44
prehlađivanje telesnih tečnosti	82
prehrambeno-biološka zavisnost	182
prehrambena (trofička) niša	53
prereproduktivna kategorija	148
princip isključenja (=Gauzeov princip)	131
primarna polna struktura	151
primarna sukcesija	177
primarni potrošač	192
primarni produktivitet	191
prirodna progradacija	177
probioze	127
producent	174,189
profundal	103
progresivna vrsta	205
prostorna (stanišna) niša	53
prostorni gradijent	22
proširena familijarna udruženja	125
proterandrij	112
protozoik	39
protoginija	112
protok energije	187
protokooperacija	130
psamofite	101
psihogija	14
psihofilni mikroorganizam	82
psihofita	91
purpurne bakterije	42
pustinja	206
rad	234
radijaciona ekologija	234
radikola	109
radioaktivni marker	235
radioizotop ili radionukleid	234
radon (Rn-222)	224,227
Ramsarska konvencija	278
rangiranje u društvu	126
rastavići	44
raster metod	204
Raunkier	57
ravnomerna (ekvalna) distribucija jedinki	144
reciklaža	243, 252,253
reducent	172,189
refugijum	34
registraciona zoogeografija	209
regulaciona teorija	168
rekultivacija	245
rekvizitni ekološki faktori	62
relativna vlažnost vazduha	90
relikt	34,205
rendgen	234
reprodukcion potencijal	155
reprodukтивна (generativna) kategorija	148
reprodukтивni ideo polova	151
repulzivna sredstva	245
retka vrsta	276
rezervat prirode	279
rezidua pesticida	246
ritron	105
rodenticid	245
saksikola (=hipolitobiont)	59
sanacija terena	241
sanitarna deponija	254
saprobiot	43
saprobnaya ishrana	42
saprobnost	255
saprofag	109
saprofit	108,132,192
saprotrif (saprobi, saprovor, saprobiont)	132
saprozoit	132
sastojina	180
savana	207
seksualni indeks	151
sekundarna polna struktura	151
sekundarna sukcesija	177
sekundarni potrošač	192

sekundarni produktivitet	192
sekundarni zagadivač vazduha	223
semaforantska populacija	182
Sereneson-ov indeks	176
serpentinofite	100
sezonsko razmnožavanje	156
silvikola	60
silur	39
simbiofagija	113
simbioze	127,128
simfilija	128,129,130,133
sinekologija	16,137
sinektrija	130,133
sinergistički	63
sinhronizacija	120
sintetička ekologija	16
sinuzija	22
sistematika	14,25,41,203
sistematska zoogeografija	209
sistemska ekologija	25
skiofita	58,71
sklerikola (=endolitobiont)	59
sklerofita	92
skrivenosemenice	40,44,45
složeni areal	204
slučajni parazitizam	131
smonica	53
socija	19
socijalna ekologija	7,8,13
socijalne atrakcije	125
socijalna depresija	125,153
socijalno ponašanje	153
socijalnost	181
sociologija	14
sozologija	279
spalionica čvrstog otpada	253
species	46
specijalist	63
specijalne ljubavne igre	121
specijalni rezervat prirode	279
SPM	223
spomenik prirode	279
spoljašnje aerozagadjenje	225
stacionarni obligatni paraziti	132
stanište	17
starosni poligon	149
statistička ekologija	25
stenobari	63,95
stenobiont	62,105
stenofagi	63,112
stenofotični organizam	63
stenohalina vrsta	63
stenohidrični organizam	63
stenotermni organizam	62,85
stimulacija	121
stopa mortaliteta	157
stopa nataliteta	156
stratifikacija	22
stratocenoza	21,179
stromatolit	39
struktura populacije	140
strvinar	192
sublitoral	103,181
submerzna biljka	93
sukulentna biljka	58,92
Sunce	30
Sunčev sistem	30
superparazitizam	131
supralitoral	103
susret partnera	121
svaštojed	192
svemir	29
svetlosno zagadenje	231
Šelford	65
Šelfordov zakon podnošenja	65
Šenon-Viverov obrazac	175
tablica mortaliteta (preživljavanja)	158
tablica nataliteta	157
tačkasti izvor zagađenja	220,255
tajga	206
taksonomija	25,41
talofita	43
talus	43
tamnobiont	175
tehnosfera	23,24
telitokija	123
telurska dinamika	161
temperatura praga razvića	86
Tensli	11,187
teorija ishrane	168
teorije okoline	168
teorije povećanog fekunditeta	168
teorijska ekologija	25
tercijar	40
tercijarna polna struktura	151
tercijni potrošač	192
terenska ekologija	25
terikola (=geobionti)	59
teritorijalnost	124
termalna konstanta	86
termička adaptacija	85
termička aklimatizacija	85
termoacidofilne bakterije	42
termofilna biljka	85
termofilni mikroorganizmi	82
termoklina	79,104,105
termoperiodizam	83
termoregulacija	80
termotaksis	87
terofita (=criptofita)	57,58

Tetis.....	34,39,40	zoocenologija.....	182
Tineman.....	65	zoocenoza	22,173,179,181
Tinemanova pravilo	65	zoofag	109
Tischler.....	59,175	zoogeografija	203, 209
toplokrvne životinje	80	zoosociologija.....	153
transpiracija	89,244	životna forma.....	53,54
transpiracioni koeficijent.....	89	životna sredina.....	17,61,64
trijas.....	40	životne oblasti.....	24,198
trofička piramida	193		
trofobioza	113,129		
troglobiont.....	75		
troglofil.....	72		
trogloksen.....	72		
tropska ekologija	25		
Tropski region	210		
tundra.....	206		
udeo ženki	151		
univerzum.....	29		
unutrašnje aerozagadjenje	225,226		
uporedna zoogeografija	209		
uslovni ekološki faktori.....	61		
uzrasna piramida	149		
uzrasna struktura populacije.....	140,148		
Vant-Hoffov zakon.....	85		
varijabilitet populacija.....	139		
vasiona.....	29		
vatreno oružje.....	117		
vazdušna strujanja (vetrovi)	95		
vazdušni pritisak.....	95		
vegetacija.....	205		
Vernadski	23		
vertikalna stratifikacija.....	179		
virusi.....	41		
više biljke	44		
višedimenzionalna (hiperprostorna) niša	53		
višegodišnja dinamika populacije	161		
vitrifikacija	83		
vlažni prečistač.....	229		
vodni balans	89		
VOC	224		
VU.....	284		
Whittaker.....	41		
zakon minimuma	65		
zakon minimuma, optim. i maksimuma	65		
zakon podnošenja	65		
zaslanjivanje tla	244		
zaštićeni predeo	279		
zaštita i unapređ. životne sredine	14,271,279		
zaštita životne sredine	13,14		
zelene sumporne bakterije	42		
Zemlja	30		
Zis.....	23,197		
zdravstveno stanje populacije.....	152		
zonalna vegetacija	207		
zoobionti.....	59		

