

EVROPSKI UNIVERZITET
BRČKO DISTRIKT
BOSNA I HERCEGOVINA



EUROPEAN UNIVERSITY
BRČKO DISTRICT
BOSNIA AND HERZEGOVINA

UVOD U EKOLOGIJU



Tešo Ristić
Snežana Komatina

Tešo Ristić
Snežana Komatina

ISBN 978-99976-605-6-5



7 789997 660565

UVOD U EKOLOGIJU

dr Tešo Ristić
dr Snežana Komatina
UVOD U EKOLOGIJU

UREDNIK:
Dr Nedeljko Stanković

RECENZENTI:
Prof. dr Dragica Stojiljković
Prof. dr Miomir Komatina

IZDAVAČ:
EVROPSKI UNIVERZITET BRČKO DISTRINKTA
Tel. 049 590-605
<http://www.evropskiuniverzitet-brcko.com/>

LEKTOR: Igor Simanović

TEHNIČKA OBRADA: Andreas Borojević

Odlukom Senata Evropskog univerziteta u Brčkom, broj: 317-6/2014, od 17. 11. 2014. godine, knjiga «Uvod u ekologiju» autora dr Teše Ristića i dr Snežane Komatine prihvaćena ja kao udžbenička literatura.

ŠTAMPA:
Markos, Banja Luka

TIRAŽ:
200.

ISBN 978-99976-605-6-5

**EVROPSKI UNIVERZITET
BRČKO DISTRIKT**

UVOD U EKOLOGIJU

**TEŠO RISTIĆ
SNEŽANA KOMATINA**

BRČKO, 2014.

Predgovor

Pisanje ove knjige predstavlja veliki izazov za sve one koji se bave veoma aktuelnom problematikom vezanom za odnose među živim bićima, kao i samog biocena i nežive prirode. Ono, prije svega, proizilazi iz potrebe razumijevanja odnosa od kojih zavisi naše bitisanje na planeti Zemlji. Uporedo sa razvojem ljudskog društva, raste i značaj ekologije kao naučne discipline. Ekološka problematika je toliko široka, da se ekologija po svom obuhvatu približila filozofiji. Često se postavlja i pitanje da li će na određenom nivou ljudske svijesti prestati i potreba za njom. O tome i drugoj, danas veoma prisutnoj problematici, biće riječi u ovoj knjizi.

Razvoj ekologije kao naučne discipline sigurno je ubrzala i ljudska aktivnost usmjerenja na nekontrolisano korišćenje prirodnih dobara. Čovjek se u ranim epohama svoga razvoja odnosio prema prirodi slično kao i brojne životinjske vrste. Međutim, počev od pripitomljavanja životinja, pronalaska vatre i, uopšte, intenzivnijeg korišćenja prirodnih dobara, čovjek se izdvojio od ostalih vrsta i postao stvaralac koji prirodu mijenja u skladu sa svojim potrebama. Sve do pojave industrijske revolucije, to zadiranje u prirodu nije izazivalo neke značajnije poremećaje. Širenje industrije i demografska eksplozija, a samim tim i povećanje potreba vezanih za životni prostor, dovelo je do višestrukih problema u životnoj sredini, koji ugrožavaju opstanak brojnih biljnih i životinjskih vrsta, pa i samog čovjeka.

Zahvaljujući različitim ljudskim aktivnostima, vremenom se preobražavala i prirodna sredina. U početku, taj probražaj tekao je sporije, ali se u kasnijim fazama ljudskog razvoja napad na prirodu ubrzavao. Čovječanstvo se neracionalno odnosilo prema prirodi i u zadnjih stotinak godina znatno je degradiralo. Tako su danas ugrožena prirodna izvorišta vode, brojni vodenih tokovi pretvoreni u kanale za prenos opasnih materija, znatno smanjena količina neobnovljivih mineralnih sirovina, devastirani ogromni šumski kompleksi, erozija i denudacija su postale prijetnja opstanku mnogih naselja. Korišćenje energenata biljnog i životinjskog porijekla, kao i prerada različitih sirovina, sve više dovodi do pojačanog zagađivanja vazduha, zemljišta i vodene sredine. Zemljotres u Japanu ukazao je na svu krhkost atomskih elektrana. Sve ovo potvrđuje da je čovjek sam sebi jedini dostojan protivnik.

Očuvanje životne sredine postao je problem za sve žitelje naše Planete. Širenjem znanja i podizanjem svijesti o potrebi čuvanja i unapređenja životne sredine, uz korišćenje rezultata naučnih istraživanja, moguće je ublažiti i unaprijediti postojeće stanje. Naročito veliku ulogu u tome imaju vlade svih zemalja i lokalna samouprava, ali i brojne nevladine organizacije. U svemu ovome, neophodna je odgovarajuća zakonska regulativa, kao i adekvatna planska rješenja kojima će se unaprijediti postojeće stanje.

Pored vlastitog iskustva, prilikom izrade knjige korišćena je i bogata stručna i naučna literatura sa prostora bivše Jugoslavije, kao i sa prostora drugih evropskih država i Amerike. Sve je to uticalo na aktuelnost obrađivane problematike, kao i njeno korišćenje u nastavne i praktične svrhe. Osim studentima ekologije, udžbenik može biti od koristi i studentima geografije, prostornog planiranja, tehničkih nauka, ali i studentima fakulteta koji izučavaju turizam i dr. Ona je namijenjena i pojedincima koji žele da se dodatno informišu o pitanjima od značaja za ekologiju, tj. odnosima unutar žive prirode i njenog odnosa sa neživom prirodom.

Knjiga je pisana u skladu sa nastavnim programom *Pedagoškog fakulteta Evropskog univerziteta Brčko distrikt* u Brčkom. Nadamo se da će biti od koristi i svima onima koji se bave problematikom stanja životne sredine, ali i onima koji, koristeći prirodna bogatstva, mogu u negativnom smislu doprinijeti brojnim promjenama na licu Zemlje, a koje utiču na živi svijet.

Autori se zahvaljuju recenzentima prof. dr Dragici Stojiljković i prof. dr Miomiru Komatinu, koji su pomogli korisnim savjetima da knjiga bude kvalitetnija i pristupačnija potencijalnim korisnicima.

Autori

SADRŽAJ:

<u>GLAVA 1. UVOD</u>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
1. UVODNA RAZMATRANJA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
2. ISTORIJSKI RAZVOJ EKOLOGIJE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>2.1. Razvoj ekološke misli</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>2.2. Razvoj ekologije u savremenom svijetu</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
3. DEFINICIJA I OSNOVNI POJMOVI EKOLOGIJE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>3.1. Spoljašnja sredina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7
<i>3.2. Geološka (neorganska) sredina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11
<i>3.2.1. Osnove odlike geološke sredine</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
<i>3.3. Životno stanište</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17
<i>3.4. Nivoi organizacije ekoloških sistema</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17
4. EKOLOŠKE DISCIPLINE I PODJELA EKOLOGIJE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20
<i>4.1. Povezanost ekologije sa drugim naučnim disciplinama</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
 <u>GLAVA 2. ANALITIČKA EKOLOGIJA</u>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23
1. ORGANIZAM I SREDINA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23
<i>1.1. Uslovi života i pojam ekoloških faktora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23
<i>1.1.1. Razvrstavanje (klasifikacija) ekoloških faktora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25
<i>1.1.1.1. Abiotički faktori</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25
<i>1.1.1.2. Biotički faktori</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	26
<i>1.2. Ekološka valenca</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27
<i>1.3. Složenost (kompleks) faktora i pravilo minimuma</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	28
<i>1.4. Adaptacije</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29

1.5. Životna forma	.	.	.	.	.	.	.	.	30
1.6. Ekološka niša	.	.	.	.	.	.	.	.	32
2. ABIOTIČKI FAKTORI	.	.	.	.	.	.	.	.	34
2.1. Geološki (neorganski) faktori	.	.	.	.	.	.	.	.	34
2.2. Potreba za geomedicinskim istraživanjima	.	.	.	.	.	.	.	.	46
2.3. Klimatski faktori	.	.	.	.	.	.	.	.	49
2.3.1. Složenost djelovanja klimatskih ekoloških faktora	.	.	.	.	.	.	.	.	51
2.3.2. Zračenje i svjetlost	.	.	.	.	.	.	.	.	52
2.3.2.1. Uticaj svjetlosti na stvaranje organske materije (fotosinteza)	.	.	.	.	.	.	.	.	56
2.3.2.2. Reakcija biljaka na trajanje dužine dana i noći (fotoperiodizam).	.	.	.	.	.	.	.	.	59
2.3.2.3. Dejstvo Sunčevog zračenja na životinjski svijet i čovjeka	.	.	.	.	.	.	.	.	60
2.3.3. Toplota kao ekološki i proizvodni činilac	.	.	.	.	.	.	.	.	61
2.3.4. Temperatura i njen značaj za živi svijet	.	.	.	.	.	.	.	.	63
2.3.4.1. Tok životnih procesa i termičko prilagodljavljivanje.	.	.	.	.	.	.	.	.	64
2.3.4.2. Dejstvo temperature na ishranu razmnožavanje i razviće	.	.	.	.	.	.	.	.	65
2.3.4.3. Uticaj temperature na ponašanje organizama	.	.	.	.	.	.	.	.	67
2.3.5. Vazdušni pritisak	.	.	.	.	.	.	.	.	69
2.3.6. Vazdušna strujanja	.	.	.	.	.	.	.	.	70
2.3.6.1. Vjetrovi	.	.	.	.	.	.	.	.	71
2.3.6.2. Opšta cirkulacija vazdušnih strujanja u atmosferi	.	.	.	.	.	.	.	.	72
2.3.6.3. Pasati	.	.	.	.	.	.	.	.	74
2.3.6.4. Periodični vjetrovi	.	.	.	.	.	.	.	.	74
2.3.6.5. Ekološki značaj vjetra	.	.	.	.	.	.	.	.	75
2.3.7. Klima na zemlji	.	.	.	.	.	.	.	.	78
2.3.8. Uticaj značajnijih geografskih faktora na klimu	.	.	.	.	.	.	.	.	81
2.3.8.1. Raspored kopna i mora, veličina i oblik kontinenata i morske struje kao najvažniji klimatski modifikatori.	.	.	.	.	.	.	.	.	83
2.3.8.2. Reljef kao klimatski faktor	.	.	.	.	.	.	.	.	85

2.3.8.3. Uticaj ostalih klimatskih faktora (kimatski modifikatori trećeg reda)	.	.	.	.	.	.	.	87
2.3.9. Osnovni pojmovi o makroklimi, mezoklimi, mikroklimi, ekoklimi i fitoklimi	.	.	.	.	.	.	.	89
2.3.10. Klima kao najvažniji faktor rasprostranjenjenja živog svijeta	.	.	.	.	.	.	.	90
2.4. Voda i vlažnost	.	.	.	.	.	.	.	96
2.4.1. Voda i vlažnost	.	.	.	.	.	.	.	96
2.4.1.1. Fizičkohemijske osobine vode, osnovne odlike i raspored prirodnih voda na Zemlji	.	.	.	.	.	.	.	97
2.4.1.2. Samoprečišćavanje vode	.	.	.	.	.	.	.	104
2.4.2. Voda i vodena para u atmosferi	.	.	.	.	.	.	.	104
2.4.2.1. Isparavanje vode i vlažnost vazduha	.	.	.	.	.	.	.	104
2.4.2.2. Padavine	.	.	.	.	.	.	.	107
2.4.2.3. Životne forme biljnih i životinjskih organizama u odnosu na vodu	.	.	.	.	.	.	.	109
2.5. Fenološke pojave	.	.	.	.	.	.	.	115
2.6. Faza mirovanja	.	.	.	.	.	.	.	117
2.7. Klimatska pravila	.	.	.	.	.	.	.	119
2.8. Edafski faktori	.	.	.	.	.	.	.	121
2.8.1. Pojam zemljišta	.	.	.	.	.	.	.	122
2.8.2. Fizičke osobine zemljišta	.	.	.	.	.	.	.	127
2.8.3. Temperatura, vlažnost, svjetlost i hemizam zemljišta	.	.	.	.	.	.	.	129
2.8.3.1. Temperatura zemljišta.	.	.	.	.	.	.	.	129
2.8.3.2. Vlažnost zemljišta	.	.	.	.	.	.	.	131
2.8.3.3. Svjetlost	.	.	.	.	.	.	.	132
2.8.3.4. Hemizam zemljišta	.	.	.	.	.	.	.	132
2.9. Hemizam vazdušne i vodene sredine	.	.	.	.	.	.	.	134
3. BIOTIČKI FAKTORI	.	.	.	.	.	.	.	141
3.1. Uzajamni odnosi između biljaka	.	.	.	.	.	.	.	142
3.2. Uzajamni odnosi biljaka i mikroorganizama	.	.	.	.	.	.	.	145
3.3. Uzajamni odnosi između biljaka i životinja	.	.	.	.	.	.	.	147
3.3.1. Odnosi herbivornih životinja i biljaka	.	.	.	.	.	.	.	147

3.3.2. Karnivorne biljke	148
3.3.3. Mutualistički odnosi biljaka i životinja u procesima oprašivanja i rasijavanja plodova i sjemena	148
3.4. Uzajamni odnosi između životinja	149
 <u>GLAVA 3. EKOLOŠKE INTEGRACIJE</u>	154
1. POPULACIONA EKOLOGIJA	154
<i>1.1. Definicija populacije i njena osnovna obilježja</i>	155
<i>1.2. Veličina populacije</i>	156
<i>1.3. Prostorni raspored</i>	157
<i>1.4. Natalitet, fekunditet i fertilitet</i>	159
<i>1.5. Mortalitet</i>	160
<i>1.6. Uzrasna struktura, rast, potencijal i održavanje populacije</i>	161
<i>1.7. Faktori kretanja životinjskih populacija</i>	163
2. ŽIVOTNA ZAJEDNICA	165
<i>2.1. Struktura životne zajednice</i>	165
<i>2.2. Odnosi ishrane</i>	167
3. EKOSISTEM	168
<i>3.1. Dinamičnost ekosistema</i>	168
<i>3.2. Kruženje materije i proticanje energije u ekosistemu i ekološke sukcesije</i>	171
<i>3.3. Integracija, grupisanje i klasifikacija ekosistema</i>	175

<i>GLAVA 4. GEODIVERZITET</i>	177
1. DEFINICIJA I ZNAČAJ GEODIVERZITETA	177
2. GEONASLEDE	179
2.1. <i>Lokaliteti geonasledja u svetu</i>	182
2.1.1. <i>Yellowstone (Jeloustoun), Amerika</i>	182
2.1.2. <i>Jiuzhaigou Valley (Juizhai), Kina</i>	185
2.1.3. <i>Obojena pustinja (SAD)</i>	188
2.1.4. <i>Viktorijini vodopadi</i>	189
2.1.5. <i>Nacionalni park Tikal, Meksiko</i>	191
2.1.6. <i>Roze jezera</i>	193
2.1.7. <i>Đavolja varoš (Srbija)</i>	194
2.1.8. <i>Pećina Banja Stijena (BiH)</i>	197
<i>GLAVA 5. BIODIVERZITET</i>	200
1. DEFINICIJA I ZNAČAJ BIODIVERZITETA	200
2. BIORESURSI	203
3. KATEGORIJE BIODIVERZITETA	204
4. UGROŽAVANJE BIODIVERZITETA	206
<i>GLAVA 6. ANTROPOGENI FAKTORI</i>	209
1. DEFINICIJA I ZNAČAJ ANTROPOGENOG FAKTORA	209
2. VEŠTAČKA FIZIČKA POLJA - RIZICI I POZITIVNI UTICAJI	211
2.1. <i>Veštačka (antropogena) elektromagnetna polja</i>	211
2.2. <i>Veštačka radioaktivna polja</i>	214
2.3. <i>Veštačka seizmička polja</i>	216
2.4. <i>Zagadenje poljoprivrednog zemljišta</i>	216

2.5.	<i>Zagadenje vode</i>	.	.	.	.	.	.	.	218
2.6.	<i>Zagadenje vazduha</i>	.	.	.	.	.	.	.	220
2.7.	<i>Veštačko radioaktivno zagadenje</i>	.	.	.	.	.	.	.	222
3.	ZAGAĐENJE I NARUŠAVANJE PRIRODNE SREDINE PRI EKSPLOATACIJI I PRERADI RUDE								226
4.	KOMPLEKSNI ŠTETNI UTICAJI URBANIZACIJE NA PRIRODNU SREDINU								228
5.	POSLEDICE DELOVANJA ZAGAĐUJUĆIH SUPSTANCI NA ČOVEKA								230
5.1.	<i>Uloga ekoloških mineralnih sirovina kod saniranja posledica zagadenja životne sredine</i>								231
<u>LITERATURA I IZVORI</u>									
	.	.	.	.	.	.	.	.	233

Glava 1.

UVOD

1. UVODNA RAZMATRANJA

Ekologija spada u red mlađih naučnih disciplina. Sve veća potreba za prirodnim resursima od strane ljudske vrste utiče na sve složeniji odnos između čovjeka i prirode. Ekologija se na početku razvijala u okviru biološke nauke. Njome se bavio, za razliku od novijeg doba, manji broj naučnih radnika. Ekologija postaje u novije vrijeme sve prisutnija u životu pojedinaca i manjih ili većih, formalnih i neformalnih grupa, s obzirom na alarmantnu ugroženost čovjekove okoline. Trka za profitom i nekontrolisano korišćenje prirodnih resursa u cilju eliminisanja bijede u nerazvijenim zemljama dramatično narušava životne uslove. Zbog toga, javlaju se brojni ekološki pokreti i formiraju stranke *zelenih*, koji svoj politički program zasnivaju na zaštiti okoline. U naučnim krugovima, ekologijom se bave i naučnici koji svoj rad temelje u naučnim disciplinama koje se nalaze van sistema bioloških nauka.

2. ISTORIJSKI RAZVOJ EKOLOGIJE

2.1. Razvoj ekološke misli

Naziv *ekologija* prvi je upotrijebio njemački zoolog **E. Hekelu**, 1866. godine, u svom djelu *Opšta morfologija organizama*. Iako je Hekel izučavao odnose između životinja, organskog i neorganskog dijela spoljašnje sredine, kao i odnose između samih životinja, danas ekologiju shvatamo mnogo šire, jer se njena proučavanja odnose i na čovjeka, ali i na biljke, gljive, bakterije i virusе.

Istorija nas uči da je čovjek i prije pojave ekologije kao naučne discipline posjedovao određena ekološka znanja. Na to ga je tjerala potreba za obezbjeđivanjem hrane i konkurencija koja je postojala između njega i drugih organizama. Ekološki način mišljenja je poznat još iz vremena antičkih misilaca **Hipokrata** (460 – oko 370 p.n.e), **Aristotela** (384 – 322 p.n.e) i **Teofrasta** (370 – 285 p.n.e.). **Teofrast** se smatra *ocem botanike*. On je izvršio obradu biljnog materijala koji je prikupljen u vrijeme pohoda Aleksandra Makedonskog na prostore prednje Azije. U svojim proučavanjima, došao je do značajnih zaključaka o ulozi klimatskih prilika i zemljишta na rasprostranjenost biljnog svijeta. Rimski pisac i naučnik Gaj Plinije Sekund, poznatiji kao **Plinije Stariji** (prvi vijek p.n.e.), piše knjigu *Istorijsa prirode*, u kojoj nailazimo i na ekološke sadržaje.

Srednji vijek se smatra mračnim dobom po pitanju razvoja nauke, a samim time i ekološke misli. Nakon viševjekovnog prekida, tek u **18. i 19. vijeku** dolazi do unapređenja ekoloških proučavanja. U ovom periodu, poznatom u nauci kao vrijeme *biološke renesanse*, brojni naučnici daju svoj doprinos razvoju ekologije, iako ne upotrebljavaju termin ekologija. Među njima, svojim radom se ističu *Anton van Levenhuk* (pronalazač mikroskopa koji *prvi počinje izučavati*, početkom 18. vijeka, lance ishrane i regulacije brojnosti organizama), *Ričard Bradli* (poznat po svojim rezultatima izučavanja vezanih za biološku produkciju) i osnivač fitogeografije - *Aleksandar fon Humbolt* (1769 – 1859), koji 1805. godine objavljuje svoje čuveno djelo *Pregled geografske botanike*. Putujući kroz mnoge države, Humbolt se upoznaje sa prirodnom različitih oblasti Zemlje kroz koje je prolazio. Ova putovanja su mu omogućila da, pored fitogeografskih uopštavanja, dođe i do veoma vrijednih ekoloških saznanja.

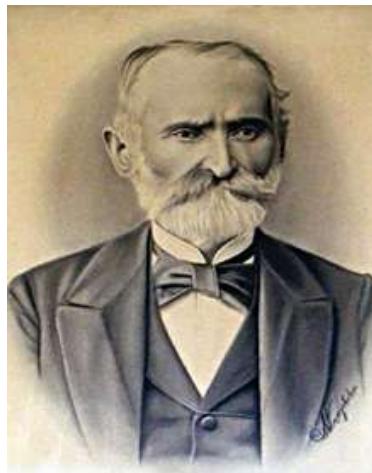
Stvarnim utemeljivačem moderne ekologije, iako je Hekel prvi upotrijebio riječ *ekologija*, smatramo *Čarlsa Darvina* (1809 – 1882). U svom čuvenom djelu *Porijeklo vrsta* (1859), on iznosi shvatnje o organskoj evoluciji, odnosno predstavlja nam učenje o uticaju spoljašnje sredine na organizme. Darwin je međusobne odnose živih bića i odnos organizama prema činocima nežive prirode obuhvatio pojmom borbe za opstanak. Svi ti uticaji međusobno dovode do promjenljivosti organizama. Upravo međusobni odnosi predstavljaju bit ekoloških proučavanja, pa se može konstatovati da je ekologija nauka koja otkriva i objašnjava odnose borbe za opstanak u najširem smislu ovog Darvinovog učenja. Proučavajući organizme, on dolazi do saznanja da na njihovu evoluciju utiču tri faktora: svojstva organizama, spoljašnja sredina i uzajamni odnosi između samih organizama.

Savremena ekologija je relativno mlada nauka. Ona proučava zakonitosti koje vrijede od nastanka života na Zemlji. Početak njenog razvoja se odvijao u okrilju biologije, da bi danas postala interesantna i za širu javnost. To je nauka koja će opstati i u budućnosti, s obzirom na čovjekovu upućenost ka korišćenju prirodnih dobara. Bez poznavanja međusobnih odnosa između organizama i organizama i spoljašnje sredine, kao i korišćenja saznanja do kojih se dolazi naučnim istraživanjima, ljudska budućnost bila bi sumorna. Početkom dvadesetog vijeka, ekologija postaje samostalna naučna disciplina. Oštra linija između ekologije životinja i ekologije biljaka vremenom se u ekološkim istraživanjima briše.

Ekologija jeste prvenstveno biološka disciplina, ali je danas i više od toga. Ona, kao kakav most, više povezuje prirodne i humanističke nauke. Brojni univerziteti kod nas i u svijetu osnivaju interdisciplinarnе studije iz oblasti ekologije.

Počeci ekološkog proučavanja živog svijeta na prostorima bivše Jugoslavije vezani su za poznatog naučnika *Josifa Pančića* (1814 – 1888). Najveći dio svojih proučavanja je posvetio biodiverzitetu. U svojim prvim radovima (*Živi pjesak u Srbiji, O našim šumama*), dolazi do spoznaje da čovjekovo djelovanje treba da bude u skladu sa ekološkim principima. Napisao je više udžbenika: *Zoologija* (1864), *Mineralogija i Geologija* (1866) i druge. Najznačajnije djelo mu je *Flora Kneževine Srbije*. Iako je, prije svega, poznat kao veliki florističar i faunističar, on je svojim naučnim radom doprinio i razvoju ekologije (Sl.1). Ovaj poznati naučnik, tokom svog plodnog naučnog rada, daje veliki doprinos proučavanju ekoloških faktora, populacija, životnih zajednica i promjenama u njima, razumijevanju čovjekovog položaja u prirodi, zaštiti prirode i sl. Pančić u svom udžbeniku *Botanika* (1868), u poglavlju *Fitogeografija*, daje objašnjenja o zakonitosti rasprostranjenja biljaka, kao i osnovnih autoekoloških kategorija pojave, ističući da su *momenti od kojih zavisi, da biljka gde napredovati može, jedni dolaze od same biljke, tj. njene organizacije, drugi su van nje stavljeni i dolaze od svekolike prirode, koja biljku opkoljava i koja na njen život od svakojake ruke podejstvovati može*.

Veliki doprinos razvoju moderne ekologije na našim prostorima dao je i poznati akademik *Siniša Stanković* (1892 – 1794), profesor Beogradskog univerziteta. U svojoj knjizi *Okvir života* (1935), tretira većinu osnovnih stavova i principa koje prihvata savremena ekologija. U ovom čuvenom djelu, profesor Stanković, osim što predstavlja osnovne principe i zadatke ekologije, ukazuje i na potrebu prihvatanja ekološkog načina mišljenja i van akademske zajednice. Zbog tada slabo razvijene ekološke kulture, ova studija dobija na značaju tek nakon Drugog svjetskog rata, pojavom drugog, proširenog izdanja i formiranjem *Katedre za ekologiju i biogeografiju* na *Botaničkom i Zoološkom institutu Prirodno-matematičkog fakulteta* u Beogradu. Prvi univerzitetski udžbenik iz ekologije na našim prostorima Siniša Stanković je napisao 1962. godine (*Ekologija životinja*). Na ovom mjestu ističemo i nezaobilaznu monografiju *Ohridsko jezero i njegov živi svijet*, izdatu 1957. godine.



Sl.1. Josif Pančić (1814 – 1888).

Izvor: <http://www.velikanisrbije.com/public/images/velikani/Josif.Pancic.jpg>

U BiH, svojim radovima se ističu: Sulejman Redžić, Ljubomir Berberović, Nevenka Pavlović, Boro Pavlović i drugi.

Sve veća svijest o potrebi uvažavanja ekoloških problema savremenog svijeta, ali i donošenje zakonske regulative o obaveznosti zapošljavanja u određenim javnim i privatnim službama i preduzećima koja narušavaju životnu sredinu, kao neophodnost školovanja kvalifikovanih stručnjaka za ekologiju, doprinijeli su danas da ekologija na bivšim jugoslovenskim prostorima stekne pravo domaćinstva na većini javnih i privatnih visokoškolskih ustanova.

2.2. Razvoj ekologije u savremenom svijetu

Sklad koji je kroz duži dio ljudske istorije bio prisutan na relaciji čovjek – priroda poremetio je sam čovjek nekontrolisanim razvojem privrede, naročito prerađivačke industrije. Nagli industrijski razvoj, koji je usmjeren prema velikoj proizvodnji potrošnih dobara, kao i tehnološka revolucija, prijete da devastiraju biosferu i da dovedu u pitanje i sam razvoj ljudskog društva. U okviru ekologije, danas se najveća pažnja poklanja primjenjenoj ekologiji. Ovakvom trendu u ekološkim proučavanjima najviše je doprinijela i pojava raznih pokreta *zelenih*, koji nastoje da upozore čovječanstvo na negativne posljedice nedomaćinskog korišćenja prirodnih dobara i tako sprječe kolaps ekoloških sistema. Razlog njihove pojave leži u pogoršanju opštih uslova življenja. Ljudsko "sljepilo" dovelo je do pojave kiselih kiša, efekata staklene bašte i smanjenja biodiverziteta. Na loše stanje životne sredine ukazuju i informativne kuće. Tako je časopis *Times*, koji vrši izbor za čovjeka godine, 1989. godine, umjesto značajne ličnosti, izabrao planetu Zemlju.

Ekolozi se aktivno uključuju u rješavanje mnogih ekoloških problema. U naše vrijeme, pojavljuju se sve više i novi do sada nepoznati problemi koje treba rješavati, a da su drugi, do tada poznati, ostali neriješeni. Ekolozi su sve više uključeni i u obuku ljudi, šireći na taj način i svijest o potrebi poštovanja ekoloških zakonitosti za dobrobit čovječanstva. Stručnjaci iz različitih oblasti (ekolozi, geografi, pedolozi, hemičari, geolozi, urbanisti, arhitekti, građevinari) sve su više angažovani na problemima zaštite životne sredine. I predstavnici drugih struka, kao što su sociolozi, uključuju se u zaštitu životne sredine, jer je ona odavno postala društveno, a možemo reći i filozofsko pitanje. Brojni su interdisciplinarni radovi koji tretiraju probleme koji se tiču životne sredine. Najveće probleme je čovjek sam sebi stvorio. To se, prije svega, odnosi na: klimatske promjene, degradaciju šumskih površina, dezertifikaciju, eroziju, na umanjenje prirodne raznovrsnosti, zagađenje vazduha, vode i tla. Na stvaranje većine problema najviše je uticala demografska eksplozija i potrošačka psihologija savremenog čovjeka.

3. DEFINICIJA I OSNOVNI POJMOVI EKOLOGIJE

Brojni živi organizmi danas naseljavaju našu planetu Zemlju. Od samog početka nastanka organizama, razvili su se različiti odnosi unutar živog svijeta (*biocen*), kao i odnosi između organizama i nežive prirode (*abiocen*). Odnosi su vezani za međusobne uticaje koje vrše članovi biocena međusobno, kao i abiocena i biocena. Od njih zavisi održanje populacija organskih vrsta u prirodi, zatim njihov raspored, gustina, ali i način života i mogućnost prilagođavanja različitim uslovima okruženja. Zato **ekologiju definisemo kao nauku koja se bavi izučavanjem odnosa članova biocena, kao i biocena i abiocena, i zakonitosti odnosa u ekosistemu**. Istraživanje zakonitosti i mehanizama na kojima počiva živi svijet, kao sastavni dio prirode, i načina na koji se ostvaruje jedinstvo cijelokupne prirode na našoj Planeti, najvažniji su **zadaci ekologije**.

U predmet proučavanja ekologije, kako proizilazi iz definicije, spadaju *živa bića, spoljašnja sredina* (uticaji kojima je izložen pojedinačni organizam dolaze od žive i nežive prirode) i *odnosi* uspostavljeni međusobnim uticajima živih i neživih dijelova prirode. Dobro poznavanje bioloških svojstava živih bića i abiogenih obilježja spoljašnje sredine pretpostavke su za pravilno razumijevanje ekoloških problema. Sredinu i organizme u kojoj oni žive ne smijemo posmatrati izolovano. Uticaj faktora okoline, reakcija organizama i međusobni odnosi s drugim organizmima čine neraskidivu vezu organizma i spoljašnje sredine. Evolutivni razvitak i mogućnost prilagođavanja organizma u osnovi zavisi od sredine u kojoj žive dati organizmi i u kojoj je svakodnevno prisutna borba za opstanak i gdje se vrši selekcija.

Život na Zemlji je nastao prije četiri milijarde godina, u periodu Prekambrijuma. Nevjerovatna brzina kojom se od tada razvijao živi svijet i raznovrsnost životnih uslova uticali su da danas na Zemlji živi između 10 i 30 miliona različitih vrsta organizama. Sva živa bića imaju određene zajedničke osobine, i pored velike raznovrsnosti različitih oblika života, u koje ubrajamo: *reprodukciјu* (rađanje, razmnožavanje, umiranje), *metabolizam* (razgrađivanje hrane i dobijanje energije – ukupan promet materije i energije), *senzibilitet* (sposobnost reagovanja na nadražaje iz okoline), *pokretljivost* (sposobnost različitih načina kretanja), *prilagodljivost* (sposobnost prilagođavanja spoljašnjim uticajima), *promjenljivost* (mijenjanje osobenosti organizama tokom vremena). *Ćelije* udružene čine *tkiva*, a tkiva organe, a sve zajedno sastavni su dio svih bića. *Sistem organa* čini više međusobno udruženih organa, a sistemi organa čine *organizam*. Sistemi organa čine jednu međusobno povezanu cjelinu, kako bi se omogućilo organizmu obavljanje potrebnih fiziološko-bioških funkcija i opstanak jedinke. Zato se i kaže da je ćelija osnovna gradivna jedinica bilo kog živog bića.

Osnova izraza *ekologija* se nalazi u grčkim riječima *oikos* (dom) i *logos* (riječ, govor, pojam, znanje, nauka, učenje). Ovdje se misli na prirodni dom, dom svih živih bića, i, proučavajući dom, mi proučavamo i organizme koji u njemu žive i uopšte sve njegove sastavne dijelove, kao i pojave i procese koji su značajni za njegovo funkcionisanje. I ekonomija, poput ekologije, ima u svom korijenu istu riječ. Ovdje se ne radi o nekoj slučajnosti, već je to izraz suštine pomenutih disciplina. Ekomska nauka se bavi problematikom koja se odnosi na proizvodnju i raspodjelu dobara i ljudske potrebe i zadovoljenje istih. Slično tome, ekologija je ekonomika prirode, odnosno nauka o domaćinstvu živih bića, ili nauka o održanju živog svijeta. Ekologija nam pruža korisna znanja koja su teorijska osnova za racionalno raspolaganje prirodnim dobrima. Iz ovoga izvlačimo zaključak da je **cilj** ekoloških istraživanja *primjena stecenih znanja u rješavanju praktičnih životnih problema vezanih za zaštitu i unapređenje ranije uspostavljenog ekosistema*. Čovjek će obezbijediti sigurniju budućnost samo boljim razumijevanjem odnosa u biosferi i poštivanjem prirodnih zakona. Danas je najvažniji čovjekov zadatak da se zaštiti od samog sebe. Da bi to i postigao, on mora da uvažava svijet oko sebe, kroz uvažavanje prirodnog sklada koji je narušen ljudskim neznanjem i pohlepom.

Ekologija čovjeku pruža šansu da, kroz uvažavanje ekoloških zakonitosti, iskoristi prirodu ekonomično, uvažavajući uspostavljene zakonomjernosti u njoj i uravnotežene odnose formirane dugotrajnom evolucijom vrsta, u čemu se i sastoji njen najveći **značaj**. Na taj način će se ublažiti dosadašnje greške upravljanja prirodnim dobrima i izbjegći prirodne katastrofe širih razmjera. Na to nas opominju brojna klizišta, prekomjerna erozija tla, poplave, efekti staklene bašte, nestanak biljnih i životinjskih vrsta, i sl. Zahvaljujući poznavanju ekoloških zakona, čovjek iznalazi najsvršishodnije načine da izbjegne česte štetne i tragične posljedice svog neznanja, ili nehtijenja prihvatanja ispravnog odnosa prema prirodi, kakve su nam se dešavale u razvoju prošlih civilizacija. Kakva će biti budućnost savremene civilizacije i kvalitet života budućih generacija, zavisće od toga koliko će se efikasno zaštiti životna sredina. Kolika će biti uspješnost zaštite životne sredine,

zavisiće od čovjeka, njegovog htijenja i stepena ekoloških znanja kojima čovječanstvo raspolaže.

Ljudi su posjedovali određena znanja, koja mi danas označavamo kao ekološka, još u ranijim epohama razvoja ljudskog društva. Prvi sakupljači i lovci posjedovali su za to vrijeme relativno velika ekološka znanja. Zahvaljujući svom iskustvu, znali su za određene životne prostore gdje mogu naći odgovarajuće biljke i životinje, ali su isto tako znali kada je lišće najmekše za jelo i kada korijenje, lukovice ili krtole najviše narastu, kada su najukusnije i najhranljivije. U sjevernih dijelovima današnje Latinske Amerike, Indijanci su uspjevali da dobiju veće prinose zahvaljujući miješanju sjemena kukuruza, pasulja i tikve prilikom sijanja, uvidjevši da se tako nešto dešava i u prirodnom sklopu. Ljudi su odavno naučili da primjenjuju plodored u uzgoju poljoprivrednih kultura radi dobijanja većih prilosa, jer se time omogućuje normalan tok kruženja, prije svega ugljenika, azota, fosfora i sumpora. U naše vrijeme, zahvaljujući razvoju ekologije, sve veći broj ljudi na Zemlji prihvata *ekološki način razmišljanja*, a samim time, povećava se i broj *ekološki osviješćenog* stanovništva na njoj.

3.1. Spoljašnja sredina

Ne možemo posmatrati prirodu kao prost skup elemenata žive i nežive prirode. U prirodi se izgrađuju veoma složeni odnosi između živih bića (životinje, biljke, gljive, bakterije, virusi), kao i živih bića i sastavnih dijelova nežive prirode. Tokom evolucije, živi organizmi su se prilagođavali uticajima koji su dolazili od živog i neživog dijela prirode. Odnosi između svih dijelova prirode su dinamični, tako da svaki dio utiče na druge dijelove i obrnuto. Naučno je dokazano da su na početku stvaranja života fizičko-hemijski uslovi sredine imali dominantan uticaj na živu komponentu, ali, u kasnijoj fazi razvoja, i živa komponenta prirode je, sigurno ne manjim intenzitetom, uticala na kvalitet fizičko-hemijskih uslova prirode. Sav taj sistem složenih i dinamičnih odnosa organizama i dijelova žive i nežive prirode sadržan je u pojmu **spoljašnja sredina**.

Organizmi nastanjuju i zadovoljavaju svoje životne potrebe u prirodi, u kojoj postoje veoma složeni *specifični* (razlikuju se od vrste do vrste), *stalni* (prisutni tokom svih faza života određenog organizma), *neodvojivi* (organizam ne može postojati od sredine), *uzajamni* (međusobni uticaji žive i nežive komponente) i *promjenljivi* (prostorno i vremenski) odnosi. Organizmi su podložni uticaju sredine, ali i oni takođe imaju uticaj na sredinu koju nastanjuju. Kao primjer možemo navesti korale, koji, izgrađujući u plitkom morskom dnu krečnjačke sprudove, izdižu ih do nivoa mora, mijenjaju svoju sredinu i sprud postaje kopno. Stvaranjem kopna, nestali su uslovi koji su omogućavali život koralima, ali, u isto vrijeme, stvoreni su uslovi za naseljavanje kopnenih organizama.

Još uvijek u naučnim krugovima nema opšte saglasnosti oko definisanja pojmove spoljašnje i životne sredine. Često se značenje tih pojmove preklapa, ali, u nekim slučajevima, pravi se razlika u određenju ova dva pojma. Da bi to

potkrijepili, navećemo nekoliko definicija koje se odnose na životnu i spoljašnju sredinu.

U prvom izdanju univerzitskog udžbeniku *Ekologija biljaka*, Milorad Janković daje sljedeću definiciju spoljašnje sredine: *Dakle, pod spoljašnjom sredinom se podrazumeva kompleks svih uticaja van određenog organizma, koji dolaze, kako od nežive prirode, odnosno njenih fizičko-hemijskih uslova, tako i od drugih organizama, te skupno djeluju na dati organizam (biljku, životinju itd.) na onom mestu na kojem on živi* (55,4).

Profesor Poljoprivrednog fakulteta u Banja Luci, Branislav Nedović, ističe da su danas u ekologiji u upotrebi pojmovi *sredina* i *okoliš* i da treba razlikovati pojam *spoljašnja sredina* od pojma *životna sredina*: *Ekolozi daju prednost pojmu sredina umjesto okoliš (koji se takođe često upotrebljava), jer je ispravnije reći: "Riba živi u vodenoj sredini", nego "Riba živi u vodenoj okolini". Postoji razlika između pojmova spoljašnja sredina i životna sredina. Spoljašnja sredina je svaka sredina u kojoj se živo biće nađe, bez obzira da li je (normalna) spoljašnja životna sredina..... Organizam iz vazdušne životne sredine u vodi nalazi samo spoljašnju sredinu, a ne i životnu, ili obratno* (39,11).

Postoji mnoštvo definicija spoljašnje ili životne sredine. Mnoge od njih su podudarne, odnosno imaju dosta istih ili sličnih elemenata. U nastavku, prikazaćemo dvije, danas široko prihvачene definicije.

Životnu sredinu predstavljaju fizički, hemijski i biološki faktori koji djeluju na organizme. Životna sredina u užem smislu je sve ono što je izvan cjeline organizma (Tarman, 1992).

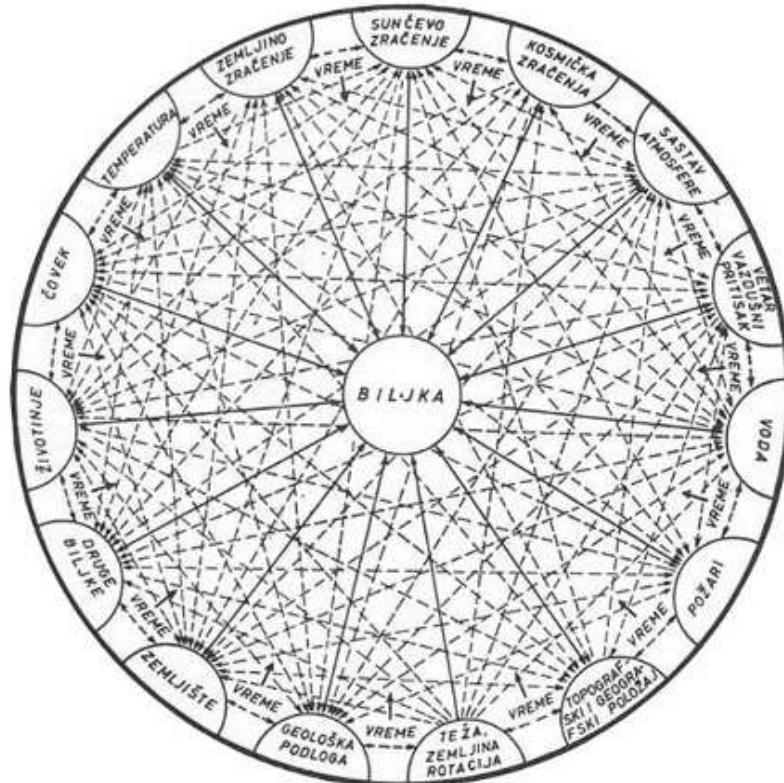
Životna sredina je okruženje nekog organizma, uključujući rastinje, životinje i mikro-organizme, sa kojima je u interakcijama (Ricklefs, 1990).

Može se primjetiti da postoje gledišta koja pod spoljašnjom sredinom podrazumijevaju uticaje koji dolaze sa strane, odnosno mimo organizma. Danas, ne nailazimo uvijek na opštu saglasnost o istovjetnosti pojmova *spoljašnja sredina* i *životna sredina*. Postoje i mišljenja kod kojih se *spoljašnjom sredinom* naziva samo ona sredina koja se nalazi van životne sredine nekog organizma. Smatramo da je ispravniji stav koji organizam stavlja u centralnu poziciju i da se sve ono što se nalazi mimo njega je nešto izvana, spolja. Ako se određeni prostor nalazi van životne sredine, ne možemo ga nazvati sredinom. U tom slučaju bi se moglo govoriti o *okolini*, i to samo u ograničenom broju slučajeva. Pod *spoljašnjom sredinom* (jedinke neke vrste) smatramo samo one uticaje koji za nju imaju poseban značaj. Zemlja je dio kosmosa i sve što se u njemu dešava ima određenog odraza na našu planetu Zemlju. Ali, životna sredina (spoljašnja sredina) za dati organizam je ta koja vrši direktno, bliži uticaj na njega i odnosi se na dato područje koje je površinom manje od Zemlje kao cjeline. Kada govorimo o *sredini*, mislimo na slične uslove koji tu vladaju. Tako je spoljašnja sredina bukveni prostor sa odgovarajućim, prvenstveno klimatskim, ali i drugim uticajima, a nikako jezero, pustinja i dr. *Spoljašnja*, odnosno *životna sredina*, može se shvatiti i kao okvir u kome se organizmi nadmeću međusobno i sa uticajima koji dolaze iz nežive prirode.

Međutim, vjerovatno bi ovakva podjela na spoljašnju i životnu sredinu imala, uslovno, više opravdanja, ako bismo govorili o spoljašnjoj sredini u užem i širem smislu. Tako bi za **životnu sredinu, spoljašnju sredinu u užem smislu**, smatrali one uticaje na određenom prostoru u kojem organizam može opstati. **Spoljašnja sredina u širem smislu** bi bila vezana za životnu sredinu, ali i za onu sredinu koja je nepogodna za život organizma, a koja istovremeno okružuje prostor pogodan za življenje određenog živog bića i u kojoj se ono može u najboljem slučaju kraće ili duže zadržavati, jer ne postoji uslovi za njegov opstanak. U tom slučaju, prije bi se moglo govoriti o *životnoj okolini*. Dakle, **životna sredina i životna okolina bi u tom slučaju skupno predstavljale spoljašnju sredinu, odnosno pod spoljašnju sredinu bi mogli podvesti i životnu sredinu i životnu okolinu.**

Danas preovlađuje mišljenje po kome postoji znak jednakosti kod pojmove *spoljašnja i životna sredina*. Tako bi definicija *spoljašnje sredine* mogla glasiti: **Ukupnost raznovrsnih uticaja žive i nežive prirode na neki organizam u prostoru njegovog življenja nazivamo spoljašnjom sredinom.**

Organizmi su izloženi uticajima koji dolaze od živih i neživih elemenata koji ih okružuju, odnosno predstavljaju dio spoljašnje sredine. Uticaji koji su dolazili iz nežive prirode omogućili su nastanak života, a kasnije, zajedno sa uticajima koje vrše živi organizmi, dolazi do nastanka raznovrsnih biljnih i životinjskih vrsta i gljiva. Nazvali smo ih faktorima ili činiocima, odnosno stvaraocima života koji se javlja u raznovrsnim oblicima. Oni su bili, a i danas su, uslov života, pa ih nazivamo **životnim ili ekološkim faktorima**, pa i **ekološkim uslovima**. S obzirom da su oni sastavni dio spoljašnje sredine, često ih nazivamo i **spoljašnjim faktorima**. Pojedinačno gledano, faktori nemaju isti značaj za sve organizme. Neki od njih su za pojedine organizme uslov života, dok za druge nemaju većeg, ili nemaju nikavog značaja. Mnoštvo faktora djeluje na određenom prostoru. Oni međusobno vrše uticaj jedan na drugoga, mijenjaju intenzitet i kvalitet svog djelovanja. Sadejstvo jednog faktora sa drugim faktorima drugačije utiče na organizam nego kada je u pitanju pojedinačno djelovanje bilo kog od njih. Usljed kompleksnog, međusobno povezanog, djelovanja ekoloških faktora i njihove interakcije sa živim bićima, spoljašnja sredina predstavlja jedinstven vremenski, prostorni i funkcionalni sistem (Sl.2).



Sl.2. Shematski prikaz kompleksa ekoloških faktora koji na staništu djeluju na jednu biljku, kao i uticaja koji faktori vrše jedni na druge (po Billings-u, iz Stankovića, 1954).

Različiti sastavni dijelovi spoljašnje sredine vrše uticaje jedni druge. Ove uticaje označavamo kao **akcije** (dejstva koje fizičko-hemijski faktori sredine, abiocen, vrše na organizme), **reakcije** (dejstva živih bića na neživu prirodu) i **koakcije**. **Koakcijama** označavamo međusobne uticaje živih jedinki. To su najkompleksniji odnosi, karakteristični za jedinke koje žive u okviru svojih zajednica na određenom staništu.

I danas se u spoljašnjoj sredini neprestano odigrava borba za opstanak, vrši se selekcija, slabiji ustupaju mjesto jačim, sve u skladu sa Darvinovim principima borbe za opstanak i prirodne selekcije, na kojima počiva savremena ekologija. Od sposobnosti vrste da se prilagodi uslovima spoljašnje sredine zavisi i njen opstanak. Jedino vrste sa izraženim sposobnostima prilagođavanja uslovima sredine obezbjeđuju obilno potomstvo i na tom prostoru su u stanju da opstaju kroz generacije koje dolaze. Pri tome, borba za opstanak među vrstama je nepoštедna. Ali, u prirodi, brojne vrste se međusobno dopunjavaju, a postoje i primjeri gdje ne mogu opstati jedni bez drugih.

3.2. ***Geološka (neorganska) sredina***

Nivo zdravlja stanovništva formira se pod uticajem ogromnog broja faktora - unutrašnjih i spoljašnjih. Među *spoljašnje faktore* spadaju: prirodni uslovi, tip privredne delatnosti, kulturne i sanitarno - higijenske navike stanovništva, nivo medicinske nauke i karakter medicinske zaštite stanovništva, postojanje prirodnih prepostavki bolesti i štetnih materija tehnogenog porekla, itd. Sva celokupnost spoljašnjih faktora u odnosu na organizam definiše se pojmom **životna sredina**.

Dve važne komponente životne sredine su:

- delovi planete Zemlje na kojima postoje realni uslovi za održavanje života, u bilo kom vidu;
- prirodni uslovi koji mogu biti od uticaja na živi svet.

Zbog toga se u užem smislu koristi termin **prirodna sredina (geoprostor - prostor nastanjen čovekom)**. Pri dovoljnom uprošćenju, pod prirodnom sredinom, na nivou življenja i proizvodne delatnosti čoveka, podrazumeva se složeni, po svojoj strukturi, petokomponentni sistem *atmosfera - hidrosfera - litosfera - životinjski svet - biljni svet*. Te komponente prirodne sredine tesno su međusobno povezane, nalaze se u stalnoj međusobnoj interakciji, formirajući jedan celoviti materijalni sistem. Ma kakva tehnogena intervencija u taj prirodni sistem od strane inženjerske delatnosti čoveka uvek narušava njenu dinamičku ravnotežu, formirajući *tehnogene procese* koji negativno ili pozitivno utiču na promenu svojstava prirodne sredine.

U životu čoveka i njegovoj životnoj sredini posebnu ulogu igraju tri planetarne funkcije prirodne sredine (biosfere):

- 1) *biološka produktivnost*, koja obezbeđuje sav živi svet prehrambenim produktima;
- 2) *optimalni režim i balans vodenog omotača Zemlje i gasni sastav atmosfere* i
- 3) *prirodno biološko samoprečišćavanje*.

Preciznije posmatrano, prirodnu sredinu predstavljaju mnogobrojne komponente - vazduh, prirodne vode, zemljište i stene u podini, osobnosti reljefa, vegetacija, životinjski svet. Date komponente, kako u celini ili u različitim kombinacijama, tako i pojedinačno, vrše pozitivan ili negativan uticaj na čovekov život, odnosno zdravlje. Izučavanje uticaja elemenata prirodne sredine na zdravlje stanovništva, izuzumajući neka fundamentalna istraživanja, moguće je samo u nekim određenim teritorijalnim granicama u kojima je taj uticaj relativno jednak. Uz to, klasifikacija komponenti (faktora) sredine stvara uslove za njihovu narednu ocenu, a takođe za uvođenje u neki celoviti model medicinsko - geografskog (medicinsko - geološkog) teritorijalnog sistema.

Komponente (faktori) prirodne sredine se mogu klasifikovati sa različitih aspeksata:

- 1) *po periodičnosti uticaja na životne aktivnosti ljudi*: 1) stalno aktivne (sniženi vazdušni pritisak u planinama; visoka sunčeva radijacija u ekvatorskom pojasu, itd.); 2) sa cikličnim pojavljivanjem (sezonska cirkulacija uzročnika pojedinih infektivnih bolesti; niska temperatura vazduha zimi u vantrop-

- skim širinama, poplavni talasi reka, itd.); 3) aciklične (zemljotresi, vulkanska aktivnost, kameno - blatni tokovi, klizišta i dr.);
- 2) *po mogućnostima odstranjivanja negativnih uticaja na životne aktivnosti ljudi:* 1) odstranjive (na primer, uslovi života u rejonima sa hladnom, surovom klimom); 2) teže odstranjive (kameno - blatni tokovi; prolećne poplave i dr.); 3) neodstranjive (zemljotresi, vulkanske erupcije, cunami);
 - 3) *po sposobnosti da stupe u uzajamno dejstvo s drugim komponentama sredine i pojačaju ili oslabe dejstvo na životne aktivnosti ljudi:* 1) aktivne (na primer, jak vetar pri niskim temperaturama vazduha); 2) maloaktivne, i 3) inertne.
 - 4) *po uticaju jedne na drugu:* 1) synergisti (na primer, tiko vreme pojačava uticaj toksičnih materija na čoveka) i 2) antagonisti (tlo sa visokom sposobnošću samoprečiščavanja dezinfikuje nečistoće sa patogenim mikroorganizmima).

Termin koji nas posebno interesuje - **geološka sredina**, relativno je novijeg datuma. Pod tim pojmom podrazumeva se gornji deo litosfere, sastavni deo životne sredine. Datu sredinu, dostupnu delatnosti čoveka, čini sledećih pet važnijih komponenti:

- čvrste stene,
- rastresito tlo,
- podzemne vode,
- prirodni gasovi i
- mikroorganizmi.

Sve te komponente se nalaze u interakciji, formirajući (u prirodnim i narušenim uslovima) dinamičku ravnotežu.

Za gornju granicu geološke sredine možemo uzeti površinu (reljef) Zemljine kore, gde ona aktivno uzajamno deluje sa takvim komponentama prirodne (životne) sredine, kakve su atmosfera i hidrosfera. Ovo uzajamno dejstvo određeno je kompleksom stalnih prirodnih procesa, kakvi su procesi prodiranja Sunčeve toplove u gornji sloj Zemljine kore, planetarno kruženje vlage, hidraulička povezanost površinskih i podzemnih voda, infiltracija atmosferskih padavina, međusobni uticaj stena i vlage u zoni aeracije (nadizdanskoj zoni) i u zoni punog zasićenja, pražnjenje podzemnih voda na površini, prodori prirodnih gasova (kiseonik, ugljendioksid i dr.) u gornji sloj atmosfere, geohemski procesi u sistemu *stene - podzemne vode - prirodni gasovi - mikroorganizmi*. Nabrojani i drugi globalni procesi međusobnog dejstva spoljašnjih sfera Zemljine kore igraju odlučujuću ulogu u formiranju strukture geološke sredine, njenih svojstava i ekološkog kvaliteta.

Donju granicu geološke sredine, očigledno, moguće je provesti do nekog stepena uslovno, u zavisnosti od nivoa savremenog naučno - tehničkog progrusa. Tu granicu danas možemo opredeliti, glavnim delom, dubinom eksploatacije ležišta mineralnih sirovina jamskim radovima (do 4000 m) ili, pak, naftnih i gasnih ležišta dubokim bušotinama (do 9200 m); dok se na gornjoj granici aktivno odvijaju raznovrsni procesi kao rezultat međusobnog dejstva atmosfere, hidrosfere i biosfere, na donjoj se na samu geološku sredinu vrši globalni uticaj endogenih procesa uslovljenih dubinskom temperaturom, pritiskom, dubinskim gasovima.

Najveći interes za izučavanje geološke sredine, razumljivo, pobuđuje njen deo u kome se neposredno odvijaju aktivne forme života i proizvodne aktivnosti ljudi. Tom delu geološke sredine pripada fundamentalna uloga u životnoj aktivnosti čoveka; u njemu su skoncentrisani: *osnovna biomasa Zemlje, pedološko tlo, svi vidovi mineralnih sirovina, uključujući rezerve nafte i gasova, zatim različitih tipova podzemnih voda, stene kao građevinski materijal*, i dr. U tom delu, kao rezultat inženjerske delatnosti čoveka, neprekidno se odvijaju antropogeni (tehnogeni) procesi, čiji negativni ili pozitivni uticaj dovodi do izmene stanja i svojstava geološke sredine.

3.2.1. Osnovne odlike geološke sredine

Izdvajaju se sledeće sfere Zemlje:

- 1) *magnetosfera* - geomagnetno polje velikog prostranstva;
- 2) *atmosfera* - gasni omotač Zemlje;
- 3) *hidrosfera* - vodni omotač čvrste Zemlje;
- 4) *biosfera* - omotač unutar koga se odvija život;
- 5) *geosfera* - čvrsta Zemljina kugla, osnovni objekat rada geologa.

Geosferu čine tri glavna dela, različita po svojim svojstvima:

- a) *litosfera* ili *Zemljina kora* - tanki čvrsti spoljni omotač;
- b) *astenosfera* - unutrašnji omotač;
- c) *Zemljino jezgro*.

Na kontinentima, na dubinama 35-70 km, brzina prostiranja seizmičkih talasa skokovito raste sa 6.5-7 na 8 km/s. Pretpostavlja se da na toj dubini dolazi do promene kako elementarnog, tako i mineralnog sastava i materije. Datu donju granicu litosfere (Zemljine kore) otkrio je Andrija Mohorovičić, po kome je dobila ime. Najveću debljinu litosfera ima pod planinskim masivima (do 70 km), najmanju na dnu okeana (5-15 km). Na teritoriji bivše Jugoslavije, debljina čvrste Zemljine kore varira između 22.5 (Panonski basen) i 50 km (crnogorski Dinaridi).

Relativno do skoro smatralo se da litosfera ne predstavlja homogenu sferu, već je višeslojna. Tako su unutar kontinentalne kore (iz dela litosfere u području kontinenata) najčešće izdvajana sledeća tri osnovna dela:

- 1) spoljašnji deo - *stratosfera*, pretežno izgrađen od sedimentnih stena mezo- zojske, tercijarne i kvartarne starosti, koje se javljaju na površini terena i dosežu do dubine reda 12 km;
- 2) središnji deo - *granitski sloj*, pretežno sastavljen od kiselih magmatskih stena (graniti, granodioriti i dr.);
- 3) donji deo - *bazaltni sloj*, sastavljen pretežno od bazalta.

Oceanska kora, pak, izgrađena je glavnim delom od stena bazaltnog sastava.

Prema teoriji Nove globalne tektonike, litosfera je sastavljena iz šest velikih i nekoliko malih odvojenih krupnih ploča. Te ploče se kreću, približavajući se ili udaljavajući jedna od druge (Sl.3). Kako ćemo videti kasnije, procesi koji se odvij-

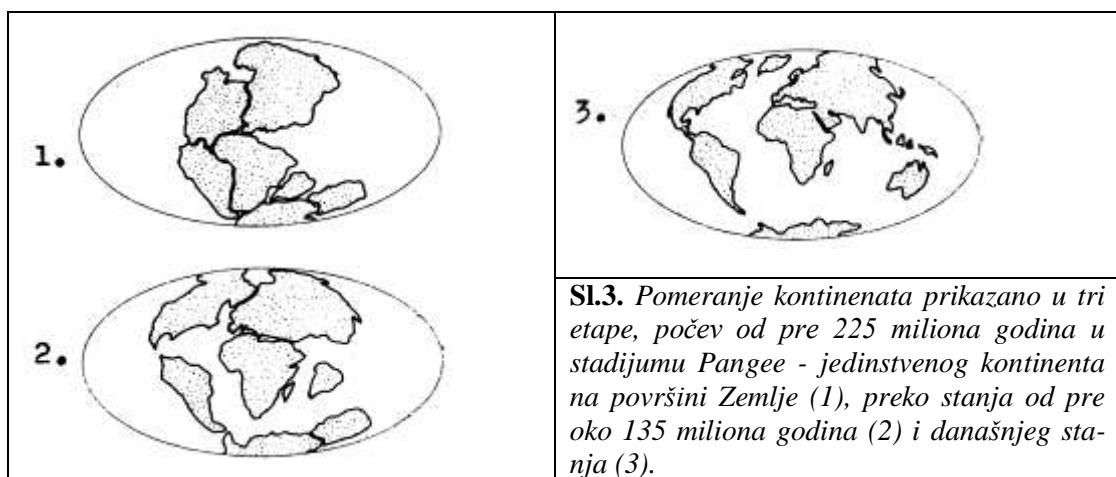
jaju u litosferi (uključujući najviši deo astenosfere), utiču na razmeštaj i reljef kontinenata i okeanskih basena.

Tokom geološke istorije Zemlje, ogromna prostranstva litosfere bila su izložena visokim pritiscima i temperaturi, nastalim kao rezultat ponavljanih procesa obrazovanja planinskih masiva. U takvim surovim uslovima, često praćenim hemijskim reakcijama, magmatske i sedimentne stene su prelazile u novu klasu - klasu metamorfnih stena. Tako litosferu danas izgrađuju pomenute tri osnovne klase stena, zajedno sa rastresitim pokrivačem, obrazovanim njihovim raspadanjem.

Litosfera, a naročito njen deo nazvan geološka sredina, nalazi se pod uticajem beskonačno raznovrsnih procesa i zato odlikuje promenljivim svojstvima, kako po prostoru, tako i vremenu. Mi smo ne samo svedoci tih promena, koje se dešavaju pred našim očima danas, već raspolažemo, takođe, i rezultatima promena koje su se odigravale stotinama miliona godina unazad. Nabrojaćemo važnije među njima:

- *kristalizacija minerala;*
- *obrazovanje, promene i raspadanje stena; formiranje pedološkog pokrivača;*
- *vulkanska delatnost i druge forme magmatizma;*
- *procesi metamorfizma;*
- *deformacije stena u procesu nabiranja i formiranja raseda; savremeni tektonski pokreti;*
- *kretanje tektonskih ploča;*
- *posledice iznenadnih zemljotresa;*
- *nastanak ležišta raznovrsnih mineralnih sirovina;*
- *radioaktivno raspadanje elemenata;*
- *geohemski i hidrogeohemski procesi;*
- *toplotočni tokovi; promene magnetnog polja;*
- *egzogeni geološki procesi;*
- *biogene neantropogene promene;*
- *antropogeni geološki procesi.*

Svi oni su predmet **geologije** - nauke o večno promenljivoj Zemlji.



Sl.3. Pomeranje kontinenata prikazano u tri etape, počev od pre 225 miliona godina u stadijumu Pangee - jedinstvenog kontinenta na površini Zemlje (1), preko stanja od pre oko 135 miliona godina (2) i današnjeg stanja (3).

Korisna svojstva geološke sredine čine dve osnovne komponente - *geološka sredina u užem smislu ili geološki ambijent i geološko blago*. Geološki ambijent koristi sav živi svet, a u njegova korisna svojstva, po M. Baboviću (1992), spadaju: a) estetski i čulni ambijent; b) zakloni i prepreke; c) plodno (pedološko) tlo. Pod *geološkim blagom* se podrazumeva deo geološke sredine sa svojim korisnim svojstvima, koji se od nje može odvojiti, transportovati i zatim upotrebiti, bilo u neizmenjenom obliku, ili posle izvesnih transformacija. U geološko blago spadaju ne samo mineralne sirovine, već i druge mineralne supstance koje se koriste bez dodatne prerade. Kao i geološka sredina, geološko blago odlikuje se izmenljivošću svojstava u prostoru i vremenu. Klasifikacija geološkog blaga (čvrste mineralne sirovine, energetske sirovine, geološki građevinski materijali) sa gledišta primene (po M. Baboviću, 1992), sadrži:

1. **geološko blago za ishranu, medikamente, agrotehniku i higijenu**
 - konzumati (u ishrani i lečenju čoveka i životinja);
 - aplikati geološkog porekla u balneologiji (lekovito blato i sl.);
 - mineralne agrotehničke komponente;
 - geološko blago za održavanje higijene.
2. **geološki energetski potencijali**
 - fosilna goriva;
 - nuklearne mineralne sirovine;
 - pirotehničke mineralne sirovine;
 - geotermски i geonaponski potencijal;
3. **geološko blago u svojstvu korisnih predmeta ili sirovina za njihovu izradu**
 - stene u funkciji primitivnog oruđa i ili oružja;
 - stene i minerali u funkciji kulturnih i dekorativnih predmeta;
 - geološka blaga koja se koriste u građevinarstvu;
 - geološko blago koje se koristi u proizvodnji i upotrebi mašina, aparata, uređaja i instalacija;
 - mineralne supstance za proizvodnju hemikalija;
 - mineralne supstance u svojstvu tehnoloških dodataka ili procesora;
 - mineralne sirovine za dobijanje metala.

Ovo je osetno skraćeni oblik tabele date u knjizi **Geologija i zaštita životne sredine** (M. Babović, 1992), dovoljan, ipak, da se zaključi da je privreda, pa i čovekova egzistencija, skoro u potpunosti zavisna od geoloških resursa. Pritom, iscrivenost geološkog blaga sve je izraženija i već danas predstavlja jedan od vodećih globalnih problema današnjice.

Štetne materije u geološkoj sredini predstavljaju u osnovi srednje teški i teški elementi Mendeljejevog periodnog sistema, od kojih neki mogu da imaju izraženo toksično, odnosno radioaktivno dejstvo. Ciklusi kretanja teških i štetnih elemenata kroz geološku sredinu, pa i kroz hidrosferu, tesno su povezani sa neorganiskim materijama, njihovom stabilnošću, mogućnošću da se ugrađuju u kristalne rešetke, ili da se oslobođaju tokom degradacije neorganskog matriksa.

Zagađujuće materije poreklom iz geološke sredine - *neorganski agensi* - u osnovi su neuništive, pa im se zato mora posvetiti posebna pažnja. Ljudska aktivnost pri eksploataciji pojedinih neorganskih rudnih bogatstava upravo na to ukazuje

(uglja, nafte i gasa, na primer). Važno je imati u vidu činjenicu da su svi procesi koji se odvijaju tokom kontaminacije materijama iz litosfere u osnovi fizičko - hemijski. Suština zagađivanja, bilo iz direktnih geoloških izvora, ili iz deponija neorganskog otpada, najčešćim delom je identična za obe vrste zagađenja. Ako se poznaju fizičko - hemijske zakonitosti procesa zagađivanja neorganskim materijama u Zemlji, onda se poznaju i one na Zemlji. *Pri svem tom, neophodno je što potpunije poznavanje geološke sredine i njenog ponašanja, kako u procesu zagađivanja, tako i kod sprovodenja mera njene zaštite.*

Tokom dugog vremena, veze dubokih delova litosfere sa biosferom tumačene su kao direktne. Računalo se da magmatizam i metamorfizam, kroz sastav njihovih produkata (stena), vulkanske ekshalacije, nabiranje stena i nastanak planina i druge endogene procese, pokazuju veliki uticaj na raspadanje, nastanak stena, aktivnosti podzemnih voda i druge egzogene procese i pojave. Obrnuti uticaj - uticaj spoljnih procesa na endogene procese, nije se razmatrao. Međutim, sakupljeni faktički materijal, naročito iz poslednjih četvrt veka, nedvosmisleno je pokazao da su te veze ne direktne, već povratne. Na primer, procesi koji se dešavaju u biosferi, utiču na sastav hidrotermalnih rastvora, magmatizam i dr. Podsetimo se još uloge vadoznih voda u prihranjivanju hidrotermi, gasnog disanja litosfere, sedimentnog nastanka sumpora. Zbog svega toga, može se govoriti o *jedinstvu litosfere, kao složenog dinamičkog sistema sa obratnim vezama, unutar koga se nalazi i biosfera* (A.I. Pereljman, 1979): *Neprekidno pristizanje sunčeve energije u nju, kao i dubinske energije Zemlje, opredeljuje usmereni razvoj tektonosfere i biosfere, pri čemu se uvećava njihova složenost i raznovrsnost, neravnoteža, akumulira slobodna energija, umanjuje entropiju.*

Geološka sredina, kao i okolna sredina u celini, poseduje *ekološka svojstva*. Ekološka svojstva se opredeljuju nizom faktora koji mogu povoljno ili nepovoljno da utiču na razvoj savremene biosfere. U različitim klimatskim zonama Zemlje, u gornjim slojevima geološke sredine, biljni i životinjski svet, mikroorganizmi, a takođe život i proizvodna delatnost čoveka, razvijaju se različito. U vezi s tim, opravdano je da se u regionalnim razmerama izdvoje tri tipa prirodne geološke sredine: *aridni, humidni i kriolitogeni*.

Geološka sredina poseduje određena *fizička, hidrogeološka, inženjerskogeološka, geološka i biološka svojstva*. U fundamentalna opšta svojstva geološke sredine možemo uvrstiti:

1. promenljivost sredine u prostoru i vremenu;
2. heterogenost sredine ispoljenu u hidrogeološkom smislu kroz nejednaka filtraciona svojstva različitih stena;
3. adaptivnu sposobnost, tj. sposobnost sredine da se menja u novim prirodnim i narušenim uslovima;
4. diskretnost geološke sredine, ispoljenu kroz takva svojstva stena kao što su ispučalost, karstifikacija i sl.

Pod uticajem antropogenih procesa, data svojstva geološke sredine mogu se menjati bilo u negativnom, bilo pozitivnom smeru.

Preobražavajući prirodu, uglavnom u delu vodoprivredne delatnosti, čovek teži da poboljša ekološka svojstva geološke sredine. Pustinjske i stepske oblasti aridne

zone, pod uticajem navodnjavanja i odvodnjavanja, preobraća u plodne oaze, organizuje se polivna zemljoradnja, u povoljnim ekološkim uslovima podižu se novi gradovi, naselja i dr.

3.3. Životno stanište

Dejstvo ekoloških faktora nije isto na svim dijelovima Zemljine površine, odnosno intenzitet i kvalitet tih dejstava se razlikuje na različitim prostorima. Iz tih razloga, prisutna je i neravnomjernost gustine populacija i prostornog rasporeda životnih zajednica. Na Zemlji se mogu izdvojiti prostori sa istom kombinacijom ekoloških faktora, a koji se razlikuju od drugih cjelina. Ovako izdvojene dijelove prostora, koji se odlikuju istovjetnom kombinacijom ekoloških faktora, nazivamo **biotopima** ili **životnim staništima** (jelova ili hrastova šuma, livada, jezero, pustinja, morsko žalo i sl). Staništa su međusobno različita kada je u pitanju zastupljenost ekoloških faktora, kombinacija biljnih i životinjskih vrsta, te i njihov spoljašnji izgled ili **fiziognomija** (npr. šumski, u odnosu na travni biotop). Veoma je rijedak slučaj da su i u okviru jednog biotopa životni uslovi jedinstveni. Razlike su prisutne lokalno i u horizontalnom i u vertikalnom smjeru. Od mnoštva biotopa koji su se diferencirali na Zemlji izdvajamo devet najkarakterističnijih staništa: okean, tropska kišna šuma, listopadna šuma, četinarska šuma, savana, stepa, tundra, pustinja i visokoplaninski predio.

Izraz *biotop* svoj korijen ima u grčkim riječima *bios* – život i *topos* – mjesto, predjel. *Slični biotopi čine biohoru, kao što npr. svi tipovi pustinja čine biohoru pustinje* (Đukić – Maletin, 1998). Pojedine vrste mogu da obuhvate više različitih biotopa koji čine areal njihovog rasprostranjenja. **Areal** određenih vrsta može biti jedinstven, a kod drugih disjunktivan (isprekidan). Pod *arealom podrazumijevamo ukupan prostor na kome živi neka vrsta*. Međutim, areal nije određen samo prostorom. Da bismo dali potpuniju definiciju areala, moramo, osim prostora i vrste, uključiti i vremensku komponentu. Iz tog razloga, **pod arealom podrazumijevamo više ili manje ograničen dio, ili dijelove Zemljine površine na kojima je data vrsta rasprostranjena kroz generacije jedinki i populacija**. Na taj način, ovom definicijom potvrđujemo stanovište o arealu kao prostorno-vremensko-biološkom kompleksu na Zemljinoj površini.

3.4. Nivoi organizacije ekoloških sistema

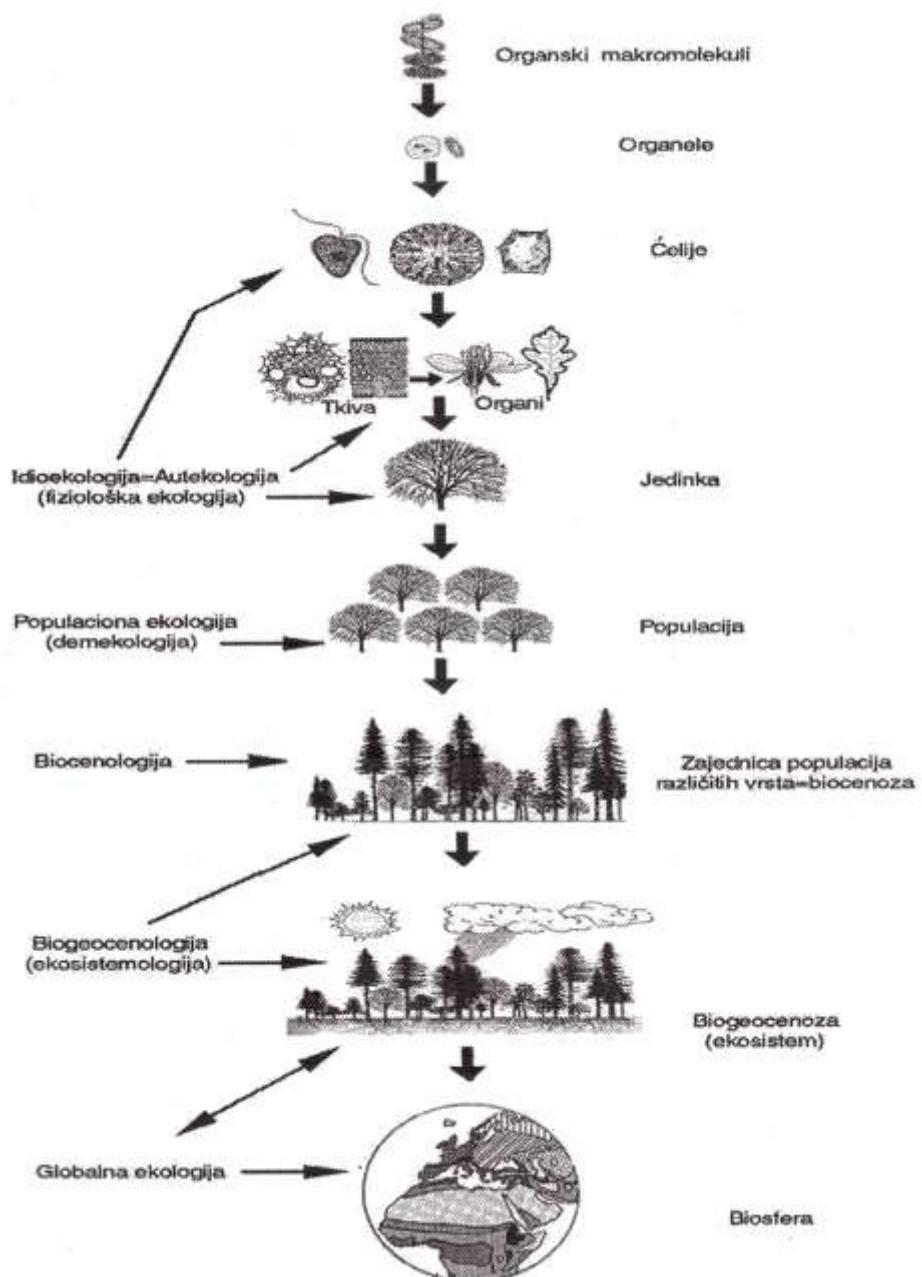
Na svakom staništu se nalazi manji ili veći broj populacija različitih vrsta. U okviru date populacije, jedinke stupaju u odnose razmnožavanja, obezbjeđujući na taj način produžetak vrste. *Populacijama nazivamo grupe jedinki iste vrste koje u isto vrijeme žive na istom biotopu, a koje su međusobno povezane odnosima razmnožavanja*. Stanište nastanjuje veliki broj vrsta, kroz populacije koje predstavljaju stvarnu formu postojanja organske vrste (Sl.4).

Različite životne aktivnosti svake jedinke se odvijaju u veoma kompleksnom prostoru. Pojedinačno, svaki organizam određene vrste razvija različite odnose sa mnoštvom organizama druge vrste. U datom prostoru, koji je naseljen različitim populacijama, mogu se naći zajedno pripadnici biljaka, životinja, i drugih živih bića. Populacije biljaka, životinja, gljiva i mikroorganizama, vodeći zajednički život na određenom biotopu, formiraju složenu zajednicu, **životnu zajednicu** ili **biocenozu**. Prema tome, *biocenoza predstavlja skup različitih populacija vrsta koje žive na istom staništu*.

Organizmi različitih vrsta, koji izgrađuju biocenuzu, žive u neraskidivom jedinstvu sa fizičko-hemijskima uslovima sredine (*biotop ili neživa komponenta prirode*). Biocenoza i biotop su dio jednog složenog sistema koga označavamo kao **ekosistem ili biogeocenoza**. Biogeocenozu ili ekosistem čine nežive (**abiocen**) i žive (**biocen**) komponente prirode. Tako biocen, ili životna zajednica, i stanište, odnosno abiocen, kroz kompleksne uzajamne odnose grade jednu cjelinu višeg reda. **Ekosistem predstavlja vrhunsku sintezu u ekologiji**. Odnos živih i neživih komponenti ekosistema je veoma složen. Abiocen i biocen se toliko međusobno prožimaju da i najmanja promjena u nekoj komponenti utiče na sve druge dijelove sistema, odnosno sistem u cjelini. U ekosistemu, ispoljavaju se uticaji abiogenih faktora (akcije) na živa bića, ali i njihov odgovor i povratno dejstvo (reakcija) na te uticaje, kao i veoma složena međusobna dejstva živih organizama (koakcije). Svi organizmi prilagođavaju se uticajima svih komponenata određenog ekosistema. Za svaki organizam, određeni ekosistem predstavlja, u stvari, spoljašnju sredinu. Time se, naizgled, može izjednačiti pojam ekosistema i pojam spoljašnje sredine. Međutim, pošto je spoljašnja sredina vezana za kompleks uticaja koji dolaze od abiocena i, skupno, svih organizama na dati organizam koji je dio tog ekosistema, treba oprezno prići ovom problemu izjednačavanja dva pojma.

Na Zemlji su se formirale velike oblasti gdje fiziognomski slični ekosistemi obrazuju veće, funkcionalno povezane cjeline, koje nazivamo **biomima** (npr. tropske vlažne šume, listopadne šume umjerenih oblasti, tajge – sjeverne četinarske šume i sl). Ove prostrane cjeline su vezane za određene klimatske zone, pa ih označavamo i kao **zonobiome**.

Biomi i ekosistemi se udružuju u tri oblasti života, odnosno **biocikluse**, koje čine **slana voda** (Svjetsko more), **slatka voda** (rijeke, jezera) i **kopno**. Objedinjeni biociklusi čine jedan sistem koji obuhvata svu živu i neživu prirodu na Zemljiji, **biosferu**. Pod **biosferom** podrazumijevamo dijelove Zemljine površine naseljene živim svijetom. Ona obuhvata naseljene dijelove **litosfere**, **hidrosfere** i **atmosfere**.



Sl.4. Nivoi organizacije bioloških sistema (67,10).

4. EKOLOŠKE DISCIPLINE I PODJELA EKOLOGIJE

Danas se ekologija razvila u veoma respektabilnu naučnu disciplinu. U mnogim državama, ona je postala obavezan predmet na visokoškolskim ustanovama. Naučni rezultati do kojih se dolazi izučavajući odnose koji vladaju na svim nivoima organizacije ekoloških sistema sve se više cijene, iako još uvijek nedovoljno. Zahvaljujući širini i učestalosti proučavanja, došlo je do razvoja brojnih specijalnih i interdisciplinarnih (graničnih) grana ove naučne discipline. Ovdje ćemo izvršiti kratak pregled različitih podjela ekologije koje se koriste, ili su u upotrebi u naučnim krugovima i uopšte u literaturi i našoj svakodnevici. Zbog prirode ovog udžbenika, ograničiti ćemo se na manji broj disciplina prilikom njihovog predstavljanja.

Ekologija se, *prema predmetu proučavanja*, dijeli na:

- **Fitoekologiju ili ekologiju biljaka**
- **Zooekologiju ili ekologiju životinja,**
- **Ekologiju gljiva,**
- **Mikroekologiju ili ekologiju mikroorganizama i**
- **Humanu ekologiju.**

Fitoekologija se bavi proučavanjem biljnih vrsta i biljnih zajednica i spoljašnje sredine, a **zooekologija** - životinjskih vrsta i njihovih zajednica. Ekologija biljaka se formirala kao naučna disciplina prije ekologije životinja i dugo vremena se nezavisno razvijala od nje. Opravdano se može postaviti i pitanje logične zasnovanosti podjele na dvije discipline, jer i jedna i druga nauka u svom proučavanju istražuju odnose između biljnog i životinjskog svijeta. Za biljke, životinjski organizmi su sastavni dio spoljašnje sredine, a i sam biljni svijet je to isto za životinske organizme. Većim dijelom, ove dvije discipline čine jedinstvenu disciplinu, pogotovo kada je riječ o istraživanju životnih zajednica.

Humanu ekologiju proučava splet odnosa čovjeka i njegove životne sredine. Ovaj naziv prvi su upotrijebili Bardžes i Park 1921. godine. Na početku je smatrana dijelom medicinske nauke, čije je zadatko bio da izučava uticaj sredine na ljudsko zdravlje. Ona danas za predmet svoga istraživanja uzima kompleks složenih odnosa između spoljašnje sredine i čovjeka.

Prema nivou organizacije ekoloških sistema, ekologiju dijelimo na:

- I. **Ekologiju ekosistema** (izučava brojne veze koje se uspostavljaju unutar i između ekoloških sistema različitih nivoa organizacije, kao i mehanizme kojima se omogućava funkcionisanje biosfere);
- II. **Ekologiju zajednica** (odnosi između zajednica);
- III. **Ekologiju populacija** (istražuje odnose između populacija, kao stvarnog oblika postojanja vrste – nikako kao prostog skupa jedinki, i elemenata žive i nežive prirode) i
- IV. **Ekologiju vrsta** (analiza nastanka i ponašanja, kao načina adaptacije na okruženje).

Prema proučavanju glavnih životnih oblasti, odnosno prirodi životne sredine, ekologiju možemo podijeliti na:

- **Ekologiju kopnene sredine,**
- **Ekologiju morske sredine,**
- **Ekologiju slatkovodne sredine i**
- **Kosmičku ekologiju.**

Ekologiju dijelimo i na:

- **Fundamentalnu ekologiju i**
- **Primijenjenu ekologiju.**

Primijenjena ekologija ili **aplikativna ekologija**, se koristi rezultatima istraživanja drugih ekoloških disciplina. *Ona se uključuje u nauku o životnoj sredini u cilju daljeg razvoja i korišćenja životne sredine, kako na manjem - lokalnom nivou, tako i u planiranju većih prostornih cjelina, kao što su čitavi regioni, u kojima je bezbroj ekosistema* (11, 24).

Specijalne i granične (interdisciplinarnе) grane ekologije su:

- **Sistemska ekologija,**
- **Prediona ekologija (Ekologija predjela),**
- **Ekologija čovjeka** (sa *Urbanom ekologijom* itd.),
- **Evoluciona ekologija i**
- **Primijenjena ekologija.**

U odnosu na nivo organizacije ekoloških sistema, izdvajamo sljedeće grane:

1. **Autoekologija – ekologija vrste** (proučava odnose organizama pripadnika određene vrste prema abiotičkim i biotičkim faktorima);
2. **Demekologija** (proučava odnose unutar populacije i odnose populacije prema životnoj sredini) i
3. **Sinekologija** (bavi se svim zakonitostima života, kako biljnih, tako i životinjskih zajednica).

Ovdje je obuhvaćen jedan dio sistematizacije ekologije kao naučne discipline. Osim ovog, postoje i drugačiji pristupi ovoj problematici. Ako bismo vršili dalju podjelu, dolazili bismo do preklapanja predmeta istraživanja pojedinih ekoloških disciplina, kao i njihovih ciljeva i zadataka.

4.1. *Povezanost sa drugim naučnim disciplinama*

Ekologija je, prije svega, biološka nauka. S obzirom na široko područje svoga interesovanja, uvrštavamo je i u interdisciplinarne i sintetičke nauke. Ona ne samo da je aktuelna nauka, već je izašla i iz svojih klasičnih okvira. Ekologija povezuje istraživanja specijalista iz različitih naučnih oblasti, čime se postiže kompleksno ekološko poznavanje života i opstanak živih bića. Da bismo razumijeli odnose u ekosistemu, nije dovoljno samo poznavanje zakonitosti koje proučava biologija, već je potrebno shvatiti i koristiti zakonitosti do kojih se dolazi u određenim prirodnim (fizika, hemija, geologija, geografija, matematika) i društvenim naukama (prije svega, istorija, sociologija, etnologija, pravo i politika). *Ekologija* objedinjava brojna naučna saznanja iz različitih naučnih oblasti i tako postaje kompleksna nauka, koja, kao takva, daje doprinos rješavanju problematike održanja života i njegove raznovrsnosti.

Glava 2.

ANALITIČKA EKOLOGIJA

1. ORGANIZAM I SREDINA

I.1. Uslovi života i pojam ekoloških faktora

Organizmi se u njihovoj životnoj sredini nalaze pod mnoštvom uticaja. Ovi uticaji su raznovrsni i različiti od staništa do staništa. Brojni organizmi nastanjuju različite dijelove Zemljine površine, kao i različite životne oblasti: kopno, voda ili vazduh. U svojim sredinama, oni obezbjeđuju osnovne potrebe (hrana, energija). Različiti elementi spoljašnje sredine, kojima se prilagođava živi svijet, uslov su njegovog života.

Od mnoštva uslova na Zemlji od kojih zavisi život, izdvajamo, prije svih, toplotu, vodu i atmosferske gasove, zatim mineralne materije i Sunčevu svjetlost.

Složeni hemijski procesi, koji se odvijaju u protoplazmi i spoljašnjoj sredini, nisu mogući bez odgovarajućih **temperatura**. Izuzetno visoke temperature, karakteristične, prije svega, za zvijezde, onemogućuju postojanje složenih organskih molekula, a time ni života. I na veoma niskim temperaturama, kakve vladaju u međuvjezdanim prostorima, a čija se vrijednost približava apsolutnoj nuli, život je, takođe nezamisliv.

Voda je značajna za živi svijet i kao sredina u kojoj se odvija život, ali i kao sastavni dio u građi biljaka i životinja (i do 98% kod paradjza i krastavaca). Ona je univerzalni rastvarač velikog broja različitih materija. Posjeduje sposobnost da vezuje korisne komponente (adsorpcija) i na taj način omogućava koloidno stanje žive materije. Susreće se u sva tri agregatna stanja i poredstavlja bitan početni materijal za formiranje organske materije.

Od svih ostalih **atmosferskih gasova**, ugljen-dioksid i kiseonik su najvažniji za postanak i održanje života. Ugljen-dioksid je *veoma važna komponenta u*

stvaranju inicijalne materije kroz proces fotosinteze. Kao učesnik u procesu disanja, kiseonik utiče na oslobođanje energije akumulirane u hranljivim organskim materijama.

Od **mineralnih materija**, koje, takođe predstavljaju veoma važan uslov života, izdvajamo soli azota i fosfora. Kao *dijelove spoljašnje sredine, i organizam ove soli iskorišćava direktno ili posrednim putem*. I bez **Sunčeve svjetlosti**, koja se izdvaja kao nezaobilazan faktor fotosinteze, ne bi bila moguća proizvodnja organske materije. Zelene biljke apsorbuju Sunčevu svjetlost i pretvaraju je u hemijsku energiju. Na taj način se neorganske materije, uz pomoć svjetlosti, pretvaraju u organske.

Gore izdvojeni osnovni uslovi života su najznačajniji za formiranje i izgled dijelova Zemljine površine. Ne smijemo zanemariti i druge, manje značajne faktore za odvijanje života, ali postoje i takvi koji predstavljaju ograničenje za njegovo postojanje. Cjelokupni uticaji koji dolaze iz spoljašnje sredine i koji formiraju uslove života predstavljaju **ekološke faktore**. Svi faktori djeluju istovremeno i zajedno i, utičući jedni na druge, i sami se mijenjaju. Uticaj ekoloških faktora se različito odražava na organizme na svakom stepenu njihovog razvića.

Promjenljivost ekoloških faktora u vremenu i prostoru jedna je od najznačajnijih njihovih osobina. Promjene kvaliteta i intenziteta djelovanja ekoloških faktora uočavamo i danas, ali se one mogu pratiti i kroz geološku istoriju. Prije svega, od nastanka kontinentalnih i morskih površina, mijenja se i raspored kopna i mora, a time i položaj polova, pravac morskih struja, klima i mnogi drugi faktori životne sredine. Sa svakom i najmanjom promjenom u djelovanju jednog faktora dolazilo je i do drugih lančanih promjena kod ostalih faktora. Promjene se mogu dešavati i u toku dana, mjeseca, godišnjih doba, kalendarske godine, ali isto tako razlikuju se i prema geografskoj širini i nadmorskoj visini, a nisu iste ni iznad kopnenih i morskih površina. Iznad kopnenih površina, izraženija su dnevna kolebanja temperature, a manja iznad morskih. Temperature vazduha se u toku dana u najvećoj pustinji na Zemlji, Sahari, danju penju i do 55°C , a noću se u istom danu mogu spustiti i do nula stepeni, pa i ispod nule. Na istom mjestu, temperatura se koleba od izlaska do zalaska Sunca. Temperature podloge i vazduha su različite u pojedinim godišnjim dobima. Temperatura, svjetlost, vlažnost, kao najvažniji klimatski elementi, mijenjaju se i imaju različite vrijednosti od tropskih šuma, travnih oblasti, šuma umjerene širine, pustinja, pa sve do tundri. Navedeni su samo neki primjeri koji govore o promjenljivosti ekoloških faktora.

Različiti su načini kojima se živi svijet na različite načine **prilagođava** promjenljivom djelovanju ekoloških faktora. Svaki organizam, koji se prilagođava uslovima sredine, u toku svoga razvića se mijenja. Sve promjene se neminovno odražavaju i na populacije, a time i na cijele životne zajednice. Izmijenjene životne zajednice utiču i na promjene u kvalitetu i intenzitetu djelovanja ekoloških faktora, pa tako i njihov uticaj na živi svijet. Funkcionisanje i održanje biosfere se zasniva na **dinamičnosti** ekoloških faktora.

I.1.1. Razvrstavanje (klasifikacija) ekoloških faktora

Životi brojnih organizama izloženi su stalnim uticajima iz spoljašnje sredine. I pored toga što ti faktori, ili činioci, djeluju istovremeno, izdvajamo ih i vršimo klasifikaciju zbog potrebe njihovog proučavanja, odnosno analize i razumijevanja uticaja na žive organizme svakog pojedinačnog faktora. Oni su sastavni dijelovi sredine u kojoj bivstvuju organizmi. U prirodi se vrše međusobni uticaji organizama i činioca spoljašnje sredine, ali i sami faktori utiču jedni druge. Na ovom mjestu, kao primjer navodimo uticaje temperature i padavina na stvaranje zemljišta i sve to u daljem procesu na naseljavanje biljaka i životinja. Sa povećanjem temperature i količine padavina na određenom prostoru, intenzivnije je razaranje stjenovite podloge, njeno sitnjenje i stvaranje osnove za naseljavanje od strane biljaka i životinja. Isitnjeni materijal nastao raspadanjem naseljavaju prvo jednostavnije, a kasnije i druge biljke. Gdje ima biljaka, ima i životinja. Sve one imaju svoj životni ciklus. Umiranjem biljaka i životinja, dolazi do miješanja sa isitnjениm materijalom i svaranja tla. Intenzitet života se povećava sa povećanjem količine humusa. Visoke temperature i padavine, kao i povećana količina humusa, utiču na rast šume, koja sada, na istom prostoru, utiče na vrijednost temperatura i količinu padavina. Na taj način, organizmi povratno djeluju na abiotske elemente i to se dešava sve vrijeme od nastanka živog svijeta.

Faktori životne sredine vezani su za neživu i živu prirodu, pa smo ih podijelili na **abiotičke i biotičke faktore**. *Abiotičke faktore* čine fizičko-hemijski uslovi sredine. Uticaji svih organizama (biljke, životinje, gljive, mikroorganizmi) na živu jedinku čine *biotičke faktore*. I pored toga što je čovjek sastavni dio prirode, zbog njegovih sposobnosti da iz nje uzima različita bogastva i prilagođava je svojim potrebama, njegov uticaj tretiramo kao poseban **antropogeni faktor**.

Prema karakteru dejstva, sve faktore dijelimo na **direktne i indirektne** ekološke faktore. Utičući na direktne, indirektni faktori posredno djeluju na organizme. Toplota, svjetlost i vлага posjeduju direktno dejstvo, pa ih nazivamo *neposrednim – direktnim ekološkim faktorima*. Nasuprot njima, geografska širina, nadmorska visina i ekspozicija reljefa, utiču na promjene u intenzitetu ili trajanju svjetlosti, toploće i vlažnosti, preko kojih vrše uticaje na živu i neživu prirodu, pa pripadaju grupi *indirektnih faktora*.

Širom Zemlje, u prošlosti, ekološki faktori su se mijenjali, pa se kao ekološki faktor uzima i **istorijski faktor**.

I.1.1.1. Abiotički faktori

Abiotički faktori imaju primaran značaj jer od njih zavisi da li će neki organizam uopšte živjeti na određenom prostoru. U abiotičke faktore ubrajamo: klimatske, edafske, reljefne i geofizičke faktore (Tabela 1).

EKOLOŠKI FAKTORI					
ABIOTIČKI				BIOTIČKI	
Klimatski	Edafski	Reljefni	Geofizički	Međusobni uticaji organizama	
Svjetlost	Fizičko-hemijsko-biološke odlike zemljišta i matične podloge	Nadmorska visina	Magnetizam		
Toplota		Nagib	Gravitacija		
Voda i vlažnost		Ekspozicija	Oscilatorna kretanja		
Vazduh i vazdušna kretanja		Raščlanjenost reljefa			

Tabela 1. Klasifikacija ekoloških faktora.

- **Klimatski faktori** su: svjetlost, toplota, voda i vlažnost, vazduh i vazdušna kretanja. Klima je izuzetno značajan abiotički faktor, jer ima veći uticaj na populacije i cijeli ekosistem od niza drugih faktora.
- **Edafski faktori** obuhvataju fizičko - hemijsko - biološke osobine zemljišta i matične podloge.
- **Reljefni faktori** se odnose na: nadmorskiju visinu, nagib, ekspoziciju i raščlanjenost reljefa. Reljef u određenim slučajevima predstavlja i fizičku prepreku širenju vrste.
- **Geofizički faktori** obuhvataju: magnetizam, gravitaciju i oscilatorna kretanja (zvuci). Geofizički faktori posredno utiču na organizme. Živi organizmi na uticaje geofizičkih faktora reaguju, manje više, jedinstveno na svim dijelovima Zemlje, te, s toga, ne postoji njihova naročito specifična djelovanja na nekom prostoru.

I.1.1.2. Biotički faktori

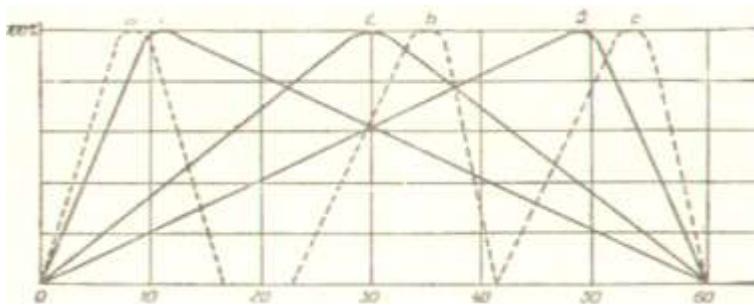
Poznato je da u prirodi postoje **uzajamni uticaji organizama** unutar iste ili različitih vrsta u okviru biljnog i životinjskog svijeta, kao i biljaka i mikroorganizama, ali i međusobni uticaji biljaka, životinja, gljiva i mikroorganizama. Riječ je o živim organizmima, pa se sva ova djelovanja svrstavaju u grupu biotičkih faktora.

Antropogenom faktoru, u okviru biotičkih faktora, pripada posebno mjesto, jer se čovjek među živim bićima izdvojio kao posebna sila koja oblikuje prirodu prema svojim potrebama. Njegova djelatnost i uticaj su se proširili na biosferu u cjelini. On vrši uticaj na sredinu direktnim zahvatima uperenim na biljke (krčenje šuma, obrada zemlje i gajenje određenih kultura, isušivanje močvara, i sl.) i životinje (izlovljavanje, uzgoj životinja i dr.). Djelovanjem ljudskim došlo je do formiranja agrobiotopa i agrobiocenoze, odnosno agroekosistema. U tome se ogleda *direktno djelovanje* čovjeka. Čovjek, mijenjanjem fizičko-hemijskih i bioloških uslova sredine, *posredno* utiče na živi svijet.

I.2. Ekološka valenca

Velika vremenska i prostorna promjenljivost i raznovrsnost su veoma važne karakteristike spoljašnje sredine. Svi živi organizmi su prinuđeni da se prilagođavaju tim uslovima sredine. Praktično je nemoguće da se sve vrste na Planeti mogu prilagoditi svim uslovima sredine. Prilagođavanje uslovima sredine ima svoju granicu, te, stoga, u prirodi ne postoji vrsta koja se u beskraj može prilagođavati promjenama, naročito brzim i velikim. Kako je prilagodljivost svake vrste u najtešnjoj vezi sa nasljednom osnovom, one su u stanju podnijeti promjene u spoljašnjoj sredini samo određenog obima. Od **ekološke valence** ili **ekološke amplitude** koju su naslijedili organizmi date vrste zavisiće uspješnost prilagođavanja stalno promjenljivim uslovima sredine. Kod svake vrste susrećemo određeni stepen plastičnosti (*širina amplitude nekog faktora koju je jedinka kao pripadnik određene vrste sposobna da podnese*) prema djelovanju spoljašnjih faktora. One mogu podnositi promjene u djelovanju spoljašnjih faktora samo u određenom rasponu. **Raspon kolebanja ekoloških faktora u okviru kojih je moguće preživljavanje date vrste nazivamo ekološkom valencom.** Shvatamo je kao svojevrstan odgovor organizama na djelovanje pojedinih faktora, odnosno odraz njihove sposobnosti tolerisanja određenih uticaja. Kod vrsta koje se odlikuju veoma širokom ekološkom valencom rasprostranjenja je veća, jer su sposobne da podnesu izrazitija variranja ekoloških faktora (Sl.5).

Ekološka valenca za neki ekološki faktor može biti uža, a za drugi šira. Tako komarac malaričar (*Anopheles maculipennis*) podnosi promjenu temperature u rasponu od -30 do +30°C. Ali je on, u isto vrijeme, veoma osjetljiv na promjenu vlažnosti i tokom dana je prisutan samo na vlažnim mjestima (najčešće se skriva u stajama, gdje se vlažnost vazduha kreće i do 90%). Organizme koji posjeduju široku ekološku valencu nazivamo **eurivalentnim** (grčki *euri* – širok), a one sa uskim sposobnostima podnošenja širokog variranja ekoloških faktora, **stenovalentnim** (grčki *steno* – uzan). S obzirom na ekološku plastičnost, fiziološku toleranciju i zavidnu genetičku fleksibilnost eurivalentnih organizama (koje im daju šire mogućnosti prilagođavanja), one su zastupljene u različitim sredinama. Stenovalentni organizmi, suprotno od njih, mogu opstati samo u određenim uslovima spoljašnje sredine, što je našlo odraza i u njihovoј brojnosti. Karakteristični stenotermi su sprudovorni korali, koji tolerišu kolebanje temperature od dva do tri stepena. Eurivalentne organske vrste zauzimaju veća prostranstva na Zemlji.



Sl.5. Tipovi ekološke valence. Eurivalentni tip (pone linije) i stenovalentni tip (isprekidane linije). Različit položaj tačke optimuma obilježen je brojkama i slovima. Po Vouku, 1939.

U okviru ekološke valence, izdvajamo tri osnovna stepena veličina i intenziteta, odnosno tri osnovne vrijednosti ili kardinalne tačke. To su: **optimum**, **maksimum** (gornja vrijednost) i **minimum** (donja granica ekološke valence). *Optimumom* nazivamo najpovoljnije djelovanje ekoloških faktora na organsku vrstu. Pri optimalnim uticajima, životne aktivnosti se najintenzivnije odvijaju, pa su i jedinke organskih vrsta tada najbrojnije. Sa udaljavanjem od stepena optimuma, dejstvo ekoloških faktora postaje sve manje povoljno i poprima **pesimalne vrijednosti**, a broj jedinki datih vrsta se smanjuje. Uslovi za opstanak neke vrste postaju teži. Sa udaljavanjem vrijednosti ekoloških faktora od njihovih optimalnih granica za život, postaju sve teži uslovi za opstanak neke vrste.

I.3. Složenost (kompleks) faktora i pravilo minimuma

Sve vrste koje žive u određenom ekosistemu dolaze pod uticaj njegove žive i nežive komponente. U okviru abiotičke komponente ekosistema, koju označavamo kao primarnu, najveći uticaj na organizme imaju: intenzitet svjetlosti, temperatura, učešće kiseonika i ugljendioksida u okviru gasova koji okružuju organizam, kretanje vazduha (vjetar), hemijski sastav podlage i vodene sredine, brzina protoka vode, tipa zemljišta i dostupnosti azota i drugih korisnih elemenata. S obzirom da djeluju jedni na druge, njihovo dejstvo je uzajamno zavisno, jer se uzajamno uslovjavaju i mijenjaju. Kompleksno dejstvo faktora se najlakše uočava kod klimatskih elemenata. Količina vlage u vazduhu je uslovljena temperaturom vazduha, jer toplijim vazduhom može da primi i veću količinu vodene pare. Temperatura podlage je zavisna od radijacionog bilansa, ali i temperatura vazduha zavisi od bilansa toplove (dotok i refleksija snopa Sunčevih zraka), jer se on uglavnom zagrijava od podlage. Sve se dalje prenosi na padavine, formiranje zemljišta, zastupljenost biljnih i životinjskih vrsta i mogućnost modifikacije djelovanja određenih klimatskih elemenata koji utiču na život, pa ih nazivamo u ekologiji *klimatskim ekološkim faktorima*.

Ekološki faktori djeluju kao jedna cjelina na žive organizme. Međutim, ako se u toj cjelini samo jedan faktor ispoljava u graničnim i pesimalnim vrijednostima, u okviru areala date vrste, on može da ugrozi njen opstanak. Određeni faktor će limitirajuće da djeluje na preživljavanje vrste i ako se prekomjerno ispoljava.

Određeni faktor, iako je neodvojivi dio kompleksa faktora, može ograničavajuće da djeluje na preživljavanje vrste. Prvi naučnik koji je utvrdio značaj ograničavajućeg faktora za rast, razviće i opstanak biljaka bio je Njemački hemičar **Libig**. On je 1840. godine formulisao **pravilo minimuma**. Utvrđeno je da produkciju biomase biljaka određuje faktor koji se u određenom momentu nađe u minimumu. Tokom 2011. i 2012. godine, biljke su na našim prostorima imale malu produkciju biomase, pa i one koje su bile tretirane dovoljnim količinama đubriva, zbog nedostatka vode, odnosno minimalne količine padavina u vegetacionom periodu. **Tinemann** (1926) je Libigovo pravilo minimuma proširio, utvrđujući da je faktor koji ima najmanju valencu za određeni organizam i najvažniji za njegovo funkcionisanje (čvrstoću lanca određuje njegova najslabija karika). Ovako

dopunjeno pravilo minimuma od strane Tinemana glasi *Brojnost jedne organske vrste je određena onim faktorima koji se u odnosu na stepen razvića sa najmanjom ekološkom valencom najviše udaljavaju po količini i intenzitetu od optimuma.*

I.4. Adaptacije

Adaptacije se odnose na prilagođavanje organizama ekološkim faktorima u dužem (istorijskom) vremenskom periodu. Sve jedinke posjeduju mnoštvo nasljednih karakteristika koje su kroz evoluciju imale dominantni značaj za opstanak i reprodukciju vrste. Jednim imenom ih nazivamo adaptacijama, odnosno svaku pojedinačnu takvu osobinu nazivamo **adaptacija**. Adaptacije se odnose na uslove koji su djelovali u prošlosti na pretke današnjih populacija. One su omogućile jedinkama da budu konkurentne u nadmetanju s drugima, da budu sposobne da se šire na određenom prostoru i efikasne u iskorišćavanju resursa koje im nudi spoljašnja sredina. Da bi opstale, organske vrste reaguju na stalne promjene spoljašnje sredine. Reagujući na spoljnje uticaje, organizam može da: a) mijenja svoja funkcionalna svojstva, b) da se preseli u okolinu sa povoljnijim životnim uslovima, ili c) da, utičući na okolinu, prilagođava je svojim potrebama. U prvom slučaju, riječ je o *pasivnoj*, a u druga dva slučaja o *aktivnoj adaptaciji*.

U literaturi se susrećemo i sa pojmom *ontogenetske adaptacije*, kao i pojmom *filogenetske adaptacije*. *Ontogenetska adaptacija* se odnosi na prilagođavanje jedinke, a *filogenetska* na adaptiranje vrste promjenjlivoj okolini. Pošto su ekološki faktori, koji djeluju kao kompleks, odnosno kao cjelina, podložni promjenama, organizmi se sve vrijeme svog življenja prilagođavaju tim promjenama. Na taj način, svaka vrsta, kroz evoluciju, poprima različite osobine, koje su u direktnoj vezi sa nasljednim faktorima, koje nazivamo adaptacijama. Ove osobine su odgovor organizama na uslove staništa za koje su vezane. Nasljedne osobine omogućavaju preživljavanje i brojnost potomaka određene vrste, odnosno njen opstanak u određenom prostoru.

Jedinke koje su uspješno adaptirane na određene uslove dugovječnije su od onih koje imaju slabiju adaptivnu sposobnost. O uspješnosti adaptiranja populacija najbolje nam govori njihova brojnost. Sposobnost organizma da se prilagodi djelovanju faktora sredine predstavlja njihovu **adaptabilnost**, što se odražava kroz *fenotip* (skup osobina jedne individue) i *genotip* (specifični sklop gena individue). Posmatranjem dolazimo do zaključka o fenotipu, a saznanje o genotipu dobijamo kroz analizu DNK. Uzajamnim djelovanja biotopa i genotipa nastaje određeni **fenotip**. On je, praktično, skup vidljivih osobina jedinke.

Brzina prilagodavanja promjenama u spoljašnjoj sredini varira kod populacije različitih vrsta. Populacije nekih vrsta su sposobne da to urade za određen broj dana, pa i sati (bakterije), drugima je neophodno da protekne više vijekova i milenijuma (dugovječne i spororastuće biljke) da steknu dovoljno potrebnih adaptacija da se prilagode novim uslovima staništa.

I.5. Životna forma

Brojni organizmi koji žive u prirodi se međusobno razlikuju po vanjskom izgledu, anatomskoj građi i ekološkoj i fiziološkoj ulozi. Rezultat su prilagođavanja uticaju ekoloških faktora u odgovarajućem biotopu. Adaptacije su uslovile brojne morfološke, anatomske i fiziološke karakteristike određene vrste po kojima se ona razlikuje od drugih. Kroz duži vremenski period, organizmi su na različite načine reagovali na spoljne uticaje i na taj način se prilagođavali uslovima sredine, stvarajući karakteristike koje su se prenosile (nasljedivale) na buduće generacije. Međusobni uticaji živog svijeta i sredine doveli su do najvažnije odlike organizama, a to je prilagođavanje uslovima životnog staništa. Kao rezultat sposobnosti prilagođavanja, stvarale su se različite karakteristike kod organizama koje nazivamo životnom formom. **Pod životnom ili ekološkom formom podrazumijevamo skup adaptivnih morfoloških, anatomskih i fizioloških karakteristika koje posjeduje određena vrsta, a koje su nastale kao rezultat uzajamnog uticaja živog svijeta i sredine.**

Odnos organizma prema kompleksu faktora koji na njega djeluju izražen je kroz ekološku formu. Sve vrste na planeti Zemlji su se prilagođavale mogućnostima ishrane, kao i geomorfološkim, klimatskim, zemljишnim, hidrološkim i drugim uslovima sredine u kojoj provode život. Pri tome, genetske odlike svake vrste su, kroz sposobnosti prilagođavanja spoljnim uticajima, omogućile stvaranje određene životne forme. I pored, često i velike, prostorne udaljenosti, pojedine vrste posjeduju slične morfološke i fiziološke osobine, što nam govori o sličnim načinima njihovog prilagođavanja stanišnim uslovima. Brojne srodne vrste koje žive u različitim životnim uslovima imaju potpuno različite životne forme (npr. kod glodara kao što su vjeverica, slijepo kuče, dabar). Prilagođavanje različitim životnim uslovima kod srodnih vrsta utiče i na različite životne forme kod njihovih pripadnika. Dakle, životne forme su prvenstveno *ekološka kategorija*, koja se ne dovodi obavezno u vezu sa sistematikom i srodnosću vrsta.

Adaptirajući se različitim uticajima ekoloških faktora, kroz evoluciju nastao je niz životnih formi zbog adaptiranja, različitim uticajima ekoloških faktora koji djeluju u određenoj životnoj sredini. Pojavu nastanka različitih životnih formi u okviru sistematskih kategorija smo okarakterisali kao *adaptivnu radijaciju*, odnosno *ekološko udaljavanje* ili *divergenciju*. Isti ili slični uslovi u spoljašnjoj sredini uticali su i na pojavu *analogne (slične)* ili *konvergentne* (konvergencija - uzajamno približavanje) životne forme unutar različitih sistematskih grupa. Vrste koje pripadaju različitim sistematskim grupama se međusobno po mnogim osobinama približavaju jedne drugima kroz prilagođavanje životnim uslovima (Sl. 6). Ovdje, kao primjer konvergentne forme, ističemo sukulentnu (sukulencija - sočnost, hranljivost, obilje soka) životnu formu, sa sličnim funkcijama, kaktusa (*Cactaceae*) i mlječike (*Euphorbiaceae*), koji pripadaju sistematski međusobno veoma udaljenim grupama biljaka. Izrazito sušne oblasti Meksika i Kalifornije se odlikuju visokim vrijednostima Sunčeve radijacije i temperature vazduha, pa su u njima zastupljeni kaktusi kod kojih su listovi preinačeni u bodlje, a mesnato stablo

bogato vodom i zelene boje površine koja mu omogućava vršenje fotosinteze. I kod životinja, pogotovo u vodenim staništima, postoje brojni primjeri konvergentnih oblika. Delfini, ajkule, fosilni vodeni reptili i sipe posjeduju formu torpeda, koja im omogućava aktivno plivanje. Životna forma određenih vrsta je različita i u određenim stadijumima razvoja njihovih pripadnika. Srodne vrste se često međusobno razlikuju po životnim formama. Tako je panda biljojed, a drugi medvjedi svaštojedi.



Sl.6. Morski pas i delfin – primjer ekološke konvergencije.

(izvor:<http://images2.kurir-info.rs/slika-620x419/ajkula-1350210851-219070.jpg> i http://sh.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Bottlenose_Dolphin_KSC04pd0178.jpg)

Nije moguće grupisanje raznovrsnih životnih formi, zbog razlika ili sličnosti o kojima je bilo riječi, analogno prirodnom taksonomskom sistemu. Grupisanje možemo vršiti na osnovu *analogije*, a nikako na osnovu *homologije* (odnos između struktura organizama). Kod brojnih ekoloških formi, adaptivni oblici se nalaze u različitim kombinacijama. Poznato je da se dvije vrste adaptivno slične pema režimu ishrane mogu razlikovati prema načinu kretanja ili mjestu življjenja. Kada se tome, između ostaloga, priključe i različiti stupnjevi razvića iste vrste, složenost klasifikacije postaje očiglednija, kao što je to, na primjer zastupljeno kod insekata, gdje se primjećuju razlike u životnoj formi, od stupnja larve, pa do stupnja krila. Prilikom klasifikacije ekoloških formi, koristimo se specifičnim prilagođenostima.

Još je poznati botaničar Raunkier grupisao (klasifikovao) biljne životne forme, polazeći pretežno od klimatskih prilagođenosti i dijelom od prilagođenosti mjestima stanovanja:

1. *Fitoplankton* – mikroskopski sitne u vodi, vazduhu, snijegu ili ledu lebdeće biljne vrste;
2. *Fitoedafon* – mikroskopski oblici biljaka unutar tla;
3. *Endofiti* – nastanjuju unutrašnjost stijena;
4. *Terofiti* – jednogodišnje vrste koje preživljavaju sušu ili zimu u obliku spore ili sjemena;
5. *Hidrofiti* – zastupljeni u vodenoj sredini;
6. *Geofiti* – višegodišnje biljke koje preživljavaju nepovoljan period godine uz pomoć podzemnih organa (krtola, lukovica, korijen, rizom);

7. *Hemikriptofiti* – biljke kod kojih zeljasti dijelovi preko zime izumiru, odnosno život nastavljujući pupoljcima koji su smješteni na podzemnim stablima ili korijenu;
8. *Hamefiti* – niske biljke, sa pupoljcima do 25 cm iznad zemlje;
9. *Fanerofiti* – biljne vrste (najčešće drveće) kod kojih su pupoljci smješteni visoko iznad zemlje i
10. *Epifiti* – biljne vrste koje žive na drveću.

Grupisanje životnih formi prema prilagođenostima u odnosu na staništa u kome žive suvozemne životinje izvršio je i Tisler:

I. Edofobionti, stanovnici tla.

- | | |
|-------|---|
| III. | <i>Limicola</i> (pelobionti, stanovnici mulja) |
| IV. | <i>Arenicola</i> (psamobionti, stanovnici pješčane podloge) |
| V. | <i>Tericola</i> (naseljeni na i u zemljisu) |
| VI. | <i>Petricola</i> (naseljavaju površine stijena i čvrstog zemljiska) |
| VII. | <i>Sklericola</i> (žive u unutrašnjosti čvrstog zemljiska) |
| VIII. | <i>Lapidicola</i> (zastupljeni u šljunkovitom zemljisu) |
| IX. | <i>Saxicola</i> (naseljavaju prostor ispod kamenja) |
| X. | <i>Cavernicola</i> (troglobionti, žive u pećinama) |
| XI. | <i>Nidicola</i> (ekobionti, naseljavaju životinjska gniazda) |

II. Atmobilionti, odnosno oblici koji žive na biljkama i životinjama.

1. *Herbicola* (fitobionti, nastanjuju biljke)
2. *Lignicola* (stanovnici drveća)
3. *Zoobionti* (na životinjama)

III. Aerobionti (stanovnici vazduha).

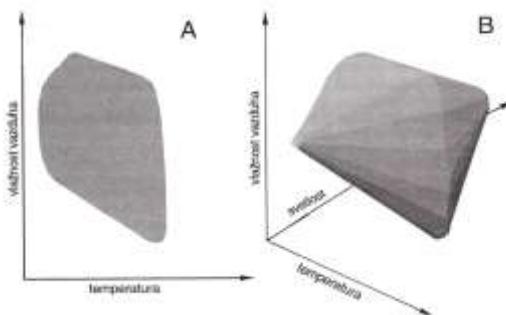
U praksi je prisutno i drugačije definisanje analognih sistema životnih formi. Životne forme možemo grupisati i u odnosu na način razmnožavanja, ishrane, kao i na način kretanja (plivanje kod životinja koje žive u vodi, rijući način života, planktonski i sesilni način života, skakanje, hod, puzanje, let i dr.). Međutim, nijedan od ovih sistema ne pripada u cjelini samo jednoj vrsti. Ovdje smo izložili samo neke od životnih formi, dok bi za neku šиру analizu bio neophodan mnogo veći prostor od onog koji nam dozvoljava koncept ovog udžbenika.

I.6. Ekološka niša

Brojne vrste koje zajedno čine biocenozu naseljavaju se na određenim prostorima. Zastupljene vrste su se prilagodile uslovima sredine u skladu sa ekološkom valencom, odnosno plastičnosti u pogledu pojedinih ekoloških faktora. Upravo ekološki okvir bilo koje vrste čini skup ekoloških valenci faktora kojima se data vrsta prilagodila. U ekosistemu, svaka vrsta ima određeno mjesto i ulogu. Rasprostranjenost određene vrste zavisiće od uspješnosti prilagođavanja određenim faktorima. **Ekološka niša je prostorno funkcionalan pojam koji se odnosi**

prvenstveno na mjesto vrste u pogledu proizvodnje i potrošnje organske materije. Ona se odnosi na kompleks faktora kojima se prilagodila data vrsta. Ekološka niša je, dakle, vezana za dijelove prostora i resursa (izvor, bogatstvo ili potencijal datog prostora) i funkcije koje u životnoj zajednici ostvaruju jedinke svih populacija.

Ekološka niša je apstraktan pojam koji se odnosi na stanište i funkciju vrste. Ona u sebe uključuje različite dimenzije, kao što su: svjetlost, temperatura, vlažnost (uslovi sredine), ali i resurse (Sunčeve zračenje, voda, minerali). Na istom prostoru susrećemo vrste koje se karakterišu različitom nišom. Ako se grafički prikaže samo jedan faktor (na primjer temperatura), riječ je o jednodimenzionalnoj niši. Kada se temperaturi priključi i vlažnost, tada je riječ o dvodimenzionalnoj niši. Ako temperaturi i vlažnosti priključimo i hranu, tada se radi o trodimenzionalnoj niši (Sl.7).



Sl.7. Shematski prikaz ekološke niše: A – dvodimenzionalne, zasnovane prema promjeni dva faktora sredine i B – trodimenzionalne, zasnovane na promeni tri faktora sredine na datom staništu (67,42).

Najlakše ćemo shvatiti ekološku nišu kroz odnose ishrane u našim listopadnim šumama, gdje u šumskom ekosistemu žive životinje koje se hrane pretežno hranom drugačijom od drugih životinja (na primjer glista, lisica, vjeverica). Očigledno je da postoji razlike u njihovim ekološkim nišama (odjeljcima). Krošnjama listopadnih šuma naseljava veći broj različitih insekata. Populacije jednih insekata se hrane polenom, drugih pupoljcima, trećih listovima, četvrtih mesom, odnosno hrane se drugim insektima, a neki i odrvenjelim dijelovima. Od brojnosti insekata koji jedu listove, ili se hrane odrvenjelim dijelovima, zavisiće u kakvom će se stanju nalaziti šuma, odnosno da li će slabije ili jače vršiti fotosintezu, da li će oboliti i na taj način biti redukovani procesi proizvodnje u šumi. Ovaj primjer nam pokazuje da svaka grupa insekata, pored toga što pokriva određeni prostor i koristi specifičnu hranu, svojim načinom života utiče i na ukupno funkcionisanje ekosistema.

Pojam ekološke niše prvi je uveo u nauku engleski ekolog Grinell 1917. godine. Shvatanje ekološke niše ovog naučnika odnosilo se na položaj koji zauzima neka vrsta na staništu, te je možemo označiti i kao *prostornu nišu*. Već 1927. godine, drugi ekolog širi pojam niše i na funkcionalni status vrste u zajednici, naročito njen položaj i ulogu u trofičkim odnosima (*funkcionalna ili trofička niša*).

Očigledno je da i drugi uslovi, koji karakterišu biotop, pored mesta na staništu i trofičkih odnosa, utiču na prisustvo, ponašanje i opstanak organizama na određenom mjestu. Zato zaključujemo da u istom ekosistemu živi veliki broj različitih vrsta sa sebi svojstvenim potrebama i koje, samim tim, imaju i različite ekološke niše.

2. ABIOTIČKI FAKTORI

2.1. Geološki (neorganski) faktori

U višetomnom uputstvu **The Ecology of Human Diseases**, izdatom 1958. godine od strane Američkog geografskog društva, u drugoj glavi nazvanoj *Stimulansi (etiološki faktori)*, J. May razlikuje *neorganske faktore* (stimulanse), *organske faktore* (stimulanse), *socijalne i kulturne stimulanse*. Po rečima May, bolest ne može nastati bez podudaranja u određenoj tački vremena i prostora faktora dva porekla: *prvog*, to su faktori koji zadobijaju formu stimulansa životne sredine (na primer, otrov u hrani); *drugog*, to su faktori koji uslovjavaju uzvratnu reakciju tkiva (Komatina M., 2001).

U *neorganske stimulanse* May svrstava: topotu, vlažnost, režim vetrova i osvetljenosti, mikroelemente u tlu, a prema tome i u hrani i vodi. Uticaj tih faktora ispituje se i postepeno rasvetjava. Druge faktore, kao što su, na primer, radijacija, magnetno polje, kosmički zraci, statički elektricitet, treba posmatrati kao važne, ali je njihovo delovanje, po May, još nedovoljno izučeno.

Klimatski i neorganski faktori utiču na zdravlje čoveka na dva načina: neposredno i indirektno. O direktnom dejstvu se zna malo, zato što je indirektni uticaj neuporedivo prisutniji, čime se zatamnjuje slika o direktnom uticaju.

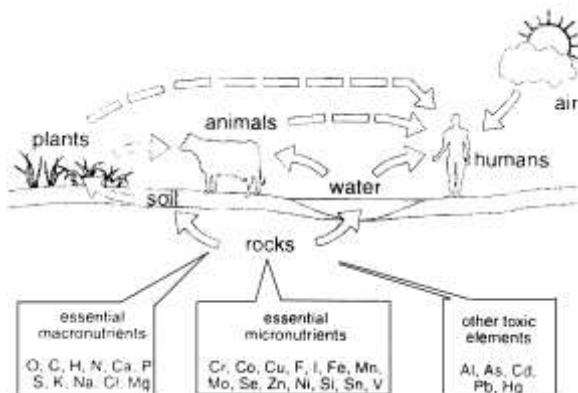
U geološke faktore u širem smislu mogu se praktično ubrajati svi prirodni faktori. Tako A.D. Howard i I. Remson (1978) u predgovoru knjige **Geology in environmental planning**, između ostalog, pišu: *Na geološku sredinu odnose se reljef, tlo i drugi rastresiti materijali, osnovne stene u podlozi tla. Taj pojam uključuje takođe prirodne procese, koji vidno menjaju prirodnu sredinu (landšaft) i prateće faktore, kao što je vegetacija ili višegodišnji ledeni pokrivač, koji utiču na razvoj tih procesa.*

U faktore geološke sredine u užem smislu mi smo, ipak, pribrojali samo elemente koji su prvenstveno predmet geoloških istraživanja. To su: *minerali, stene, geološke formacije, zemljiste, geomorfološki faktori, tektonska aktivnost i strukturni oblici, geofizička polja, termalna polja, geochemijska polja, endogeni geološki procesi (zemljotresi, vulkanska aktivnost), egzogeni geološki procesi i pojave, podzemne vode (nemineralizovane, mineralne i termalne), mineralne sirovine i oreoli rasejavanja, radioaktivni elementi i radioaktivnost, makro- i mikroelementi u stenama, zemljistu i vodi*, a biće reči i o uticaju tih faktora na zdravlje (geochemijski rizici, hidrogeohemijski rizici, geomedicinski rizici).

Izučavanje geološkog sastava Zemlje u širem vrši se u raznim razmerama - od vrlo sitne, koja odgovara hemijskim elementima i njihovim sastavnim delovima, do vrlo krupne, koja odgovara kontinentalnim masivima i tektonskim pločama, sve do Planete u celini. Među tim krajnjim objektima, geolozi razlikuju dve važne grupe tvorevina - *minerale i stene*, računajući i *geološke formacije*, kao paragenetske asocijacije stena (Sl.8).

Neorganska priroda jednog područja umnogome opredeljuje uslove za život stanovništva. To je sasvim razumljivo kada se ima u vidu da se sav čovekov život odvija na Zemlji, u delu Zemljine kore kome pripada fundamentalna uloga u njegovoј aktivnosti. Zbog toga su uticaji same geološke sredine i njenih faktora, kako na život tako i zdravlje populacije, neposredni i jaki.

Degradacija stena i minerala na površini omogućava oslobađanje štetnih (srednje teških i teških) metala i potpomaže da oni pređu iz litosfere u hidrosferu i biosferu, što predstavlja jedan od dominantnih procesa u prirodi. Tako neorganska priroda određuje život i zdravlje biljaka, životinja i čoveka kroz svoje negativne uticaje (rizike), ali ona može vršiti i pozitivnu ulogu. Pritom, *zemljište (pedološko tlo) i voda su ključne karice koje povezuju živu i neživu prirodu, jer pružaju niz hranljivih materija biljkama, a ove kroz lance ishrane životinjama i ljudima*. Zemljište, kao geološki produkt, iskazuje svoje prednosti i mane zavisno od petrološkog, mineraloškog i hemijskog sastava stena od kojih je procesima raspadanja nastalo; *podzemne vode* – od stena kroz koje su se kretale i u kojima su se akumulirale.



Sl.8. Putanje prirodnih hemijskih elemenata u sistemu stena - zemljište - biljka - životinja - čovek (Komatina M., 2004).

Vode su takvog kvaliteta, kakvog su stene kroz koje one teku – učio je Aristotel.

Pri površinski sloj Zemljine kore – geološka sredina, svakako predstavlja važan sastavni deo životne sredine, njen fundament. Sa neviđenim razmahom razvoja civilizacije, geološka sredina sve više ulazi u interakciju sa novom geološkom silom – čovekovom delatnošću, stvarajući materijalnu osnovu za

direktnu razmenu materije i energije između čoveka i prirode. Tako u prvi plan dolaze četiri kvalitativno različite grupe odnosa između čoveka i njegove geološke sredine:

- 1) *litosfera ljudima daje osnovne sirovine i energetske izvore, potrebne za društveno-ekonomski razvoj;*
- 2) *prirodni geodinamički procesi ugrožavaju ljudske živote i materijalne vrednosti;*
- 3) *čovek je sve više primoran da unapred i razumno osigurava interakciju građevinskih i drugih objekata sa geološkom sredinom;*
- 4) *ljudi su sve više svesni potrebe da se geološka sredina mora odbraniti od narušavanja i zagađivanja.*

Značaj neorganskih ili geofaktora bio je naročito zapažen 60-tih godina prošlog veka, kada je, kao rezultat povećane svesti o nužnosti zaštite životne sredine, nastala potreba za procenom uticaja čoveka na životnu sredinu (*EIA - Environmental Impact Assessment*). U skladu sa formiranjem zadataka u stvaranju i zaštiti životne sredine, u bivšoj ČSSR, na primer, početkom 70-tih godina tog veka, izdvajaju i posebno razmatraju četiri grupe *geofaktora životne sredine*:

- I. *geofaktori koji omogućavaju povoljan razvoj društva* (rudne i nerudne sirovine, izvori energije, podzemne vode, obradivo zemljište, kvalitetna tla za gradnju, građevinski materijali, pogodna sredina za deponovanje otpada i sl.);
- II. *geofaktori koji ugrožavaju život ljudi i njihova dela* (vulkanske erupcije, razorni zemljotresi, katastrofalna klizišta, poplave, toksično i radioaktivno delovanje i sl.);
- III. *geofaktori koji snižavaju efektivnost i sigurnost funkcionisanja tehničkih objekata* (slabonosiva temeljna tla, hemijski i zapreminski nestabilne stene, nestabilne i labilne padine, raskvašavanje temeljnog tla, seizmički aktivni tereni i sl.);
- IV. *geofaktori koji oštećuju sredinu negativnim antropogenim delovanjem* (sleganje terena kod podzemne eksploatacije i crpljenja, pustošenja usled površinske eksploatacije, odlaganje materijala, zagađenje podzemnih voda, zemljišta i stena usled poljoprivredne proizvodnje, deponije, kvašenje ili isušivanje tla usled izgradnje, i sl.).

U daljem tekstu, osvrnućemo se na geofaktore koji igraju značajnu ulogu prvenstveno sa zdravstvenog stanovišta (Tabela 2).

<i>Minerali</i>	<i>Geofizički faktori</i>
<i>Stene i geološke formacije</i>	<i>Egzogeni geološki procesi i pojave (erozija, klizišta, odroni, kameni – blatni bujični tokovi i dr.)</i>
<i>Zemljište (pedološko tlo)</i>	<i>Podzemne vode (malomineralizovane, mineralne i termalne) i gasovi</i>
<i>Geomorfološki faktori</i>	<i>Mineralne sirovine (energetske, metalične, nemetalične)</i>
<i>Endogeni geološki procesi (zemljotresi, vulkanska aktivnost)</i>	<i>Radioaktivni elementi u stenama, zemljištu i vodi</i>
<i>Tektonski pokreti i strukture</i>	<i>Makro- i mikroelementi u stenama, zemljištu i vodi</i>

Tabela 2. Geološki faktori.

I. **Stena i geološka formacija** predstavljaju veoma važne taksonomske jedinice u nizu *mineral – stena - formacija – litosfera – planeta*. To je mineralni agregat određenog sastava, kako mineralnog, tako i hemijskog, i određenih strukturnih odlika. *Hemijsko prenošenje zdravstvenog rizika započinje, u stvari, od stena, koje mogu biti sa povećanim ili umanjenim sadržajem elemenata značajnih za zdravlje, da bi dalji prirodni putevi vodili kroz zemljište, vodu, biljke i životinje.*

Značaj poznавanja hemijskog sastava **stena** ilustrovaćemo sa dva primera:

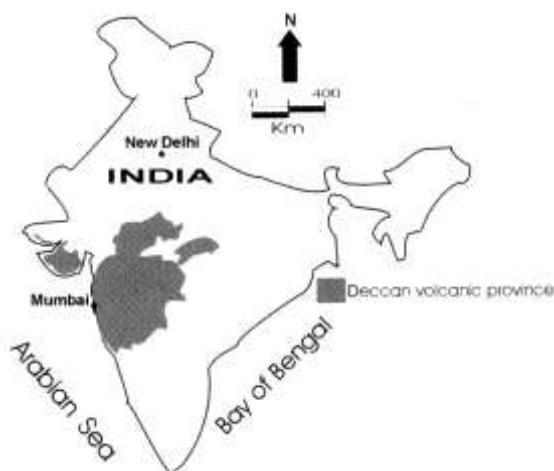
1. u stenama pojedinih regiona sveta (zapadni deo SAD i dr.), primetan je *povećani sadržaj molibdена, toksičnog u nedozvoljenim količinama, zbog čega je ovde široko rasprostranjena pojava molibdenske toksikoze;*
2. u brojnim masama *granita* širom Zemljine kugle, podzemne vode su obeležene visokim i vrlo visokim *sadržajem fluora*, u količinama kada je on toksičan. Uz to, graniti su zbog povećane *prirodne radioaktivnosti*, često sa svim mogućim rizicima po čovekovo zdravlje.

Svaka **geološka formacija** je sa određenim mineraloškim, petrološkim, inženjerskogeološkim i hidrogeološkim svojstvima. Logična je predpostavka da su područja izgradjena od jedne geološke formacije, naročito ako je petrološki homogena, sa specifičnim geomedicinskim odlikama. Na primer, na prostranim *bazaltnim pokrovima* vladaju svakako određeni geomedicinski uslovi (Sl.9). Ovakvi prostori se izdvajaju od ostalih po sadržaju i brojnosti zastupljenih mikroelemenata i elemenata retkih zemalja, zatim po učestalom negativnim efektima izražene savremene vulkanske aktivnosti. Navedimo primere za druge formacije:

1. *formacija kristalastih škriljaca*, veoma rasprostranjena na kontinentalnim štitovima i platformama, zatim u paleozojskim orogenim oblastima, po pravilu, siromašna je selenom i drugim važnim elementima, što se posredno odražava na zdravlje i rast ljudi ovih prostora, uz povećani rizik od raka kod humane populacije zbog nedovoljnog unošenja selena.

Ilustrativno je zapažanje Jovana Žujovića, oca srpske geologije, koji je 1921. Godine, u pristupnoj besedi prvim studentima *Poljoprivrednog fakulteta* u Beogradu, rekao sledeće: *Da vam navedem najzad jedan interesantan primer zavisnosti, i to sa terena sastavljenog od najstarijih kristalastih škriljaca, od gnajsa. Ova stena raspadanjem svojim daje malo i to nerodne zemlje, u kojoj je neobično malo fosfata i kreča, vrlo potrebnih za razviće organizama. Tu je ne samo ratarstvo slabo razvijeno, već su kržljave i životinje. Primetilo se da su puževi retki i da im je ljuštura vrlo tanka; da kokoške nose jaja sa vrlo tankom ljuskom, da je kostur u stoke vrlo slab i najzad da su čak i regruti vrlo mali.*

2. Na prostorima *peridotitskih masiva* (na primer, *zlatiborskog*), zbog visokog sadržaja magnezijuma u stenama, zemljištu i vodi, *mortalitet od kardiovaskularnih bolesti* je manji nego na prostorima drugih formacija, što ne znači da ne postoje rizici zbog *gasnog disanja* duž razlovnih struktura ili prisustva toksičnih elemenata u nekim predelima zemljišnog pokrivača (Komatina M., i dr. 2011).



Sl.9. Položaj vulkanske provincije Deccan u Indiji (Komatina M., 2001).

II. **Zemljište**, rastresiti površinski horizont kore raspadanja stena sposoban da proizvede rod biljaka, predstavlja jedan od najvažnijih geoloških resursa Planete. Njegovi pozitivni i negativni uticaji na biljke, životinje i čoveka su izuzetno raznovrsni i mnogobrojni. Kod davanja medicinsko-geološke ocene, primarno mesto zauzimaju *mikroelementi*, pre svega kao mogući faktori rizika po zdravlje, praćeni *toksičnim efektima i raznim mikroelementozama* (Zn, Cu, Cd, Pb, As, Cr, Ni i dr.), ali i *pojavama raka i drugih oboljenja nastalim zbog deficita važnih elemenata*.

Ne treba isticati da su slučajevi sa pozitivnom ulogom mikroelemenata na živi svet takođe izraženi. Potkrepimo rečeno sa nekoliko primera: 1. zemljišni pokrivač nad karbonatnim sedimentima bogatim *kalcijum karbonatom* odlikuje se, po pravilu, vrlo plodnim tlom, *retkim pojavama rahitisa kod životinja i slično*; 2. zemljište na *vulkanskim stenama*, bogato crvenom glinom, karakteristično za terene brojnih afričkih zemalja, markirano je pojavom *podosonioze (nefelijskog elefantitis)*; 3. *endemska slepila životinja* prouzrokuje *suvih sadržaj nikla* karakterističan za zemljišta suvih stepa nekih oblasti bivšeg Sovjetskog Saveza, dok je zemljište nastalo raspadanjem stena bogatih mineralima sa *povećanim sadržajem bakra otrovno za biljni svet*; 4. u predelima tropa, bogatim zemljištem nastalim raspadanjem minerala glina, gde u sastavu daleko preovlađuju Fe i Al, sposobnost *mobilnog aluminijuma* da se koncentriše mestimično može biti od velikog uticaja na zdravlje, pa su njegovi toksični efekti bili predmet mnogih rasprava; jedna od najmarkantnijih osobenosti ovakvih predela je *kolorit*, izražen naročito kod papagaja, kolibrija i drugih tropskih ptica, koje sa hranom dobijaju veliku količinu aluminijuma (Sl.10). Navedimo još jedan primer iz kiselih vlažnih tropa - *zbog nedostatka kalcijuma, životinje su manjeg rasta u poređenju sa onima iz drugih ekstremnih zona* (okapi ekvatorijalne Afrike visoki 1.5-2.0 m, srodne im žirafe iz savana bogatih kalcijumom – oko 6.0 m) (Komatina M., 2004).



Sl.10. Kolorit kod papagaja kao posledica uvećanog unosa aluminijuma u hrani.

III. Geomorfološki faktori čine bitne crte jedne prirodne oblasti. Posledice uticaja reljefa na uslove života ljudi mogu biti kako negativne, tako i pozitivne. *Visokogorje* je, na primer, sa klimom štetnom za većinu ljudi (*gorska bolest i sl.*), dok *srednjegorje i niskogorje* predstavljaju dragocenost za odmor, turizam, lečenje. Uslovjenost živog sveta od geomorfološkog (geološkog) ambijenta vidno je izražena u prostranim *oblastima karsta*, sa rizicima u bilo kom području ljudske aktivnosti (nedostatak vode za piće; prolomi; rizici kod podizanja veštačkih akumulacija itd.), ali i pozitivnim efektima (turističke i zdravstvene pogodnosti; speleoterapija, tj. lečenje u pećinama). Uz to, stanovnici prostranih ravnica i karstnih (krečnjačkih) planinskih terena se primetno razlikuju *rastom i konstitucijom*.

IV. Tektonski pokreti i strukture predstavljaju važne faktore kada je u pitanju život ljudi na teritorijama sa aktivnim tektonskim režimom. Naime, *umnogome su različiti uslovi za živi svet na teritorijama starih štitova i platformi, sa jedne strane, i u okolnim mobilnim tektonskim pojasevima, sa druge strane* (Sl.11). Nasuprot starim pasivnim terenima, rušilački i drugi rizici u zonama aktivnih rasednih struktura (tu su i izražena seizmička i vulkanska aktivnost, zatim katastrofalna klizišta), markiraju mobilne pojaseve. Ovde su izražene dve glavne grupe rizika: 1) *rizici od rušilačke snage raseda* i 2) *rizici od tzv. gasnog disanja Zemljine kore duž raseda*. Rušilački efekti izraženi su kod danas aktivnih razlomnih struktura. U Kaliforniji je, na primer, uveden zakon o geološki opasnim zonama (rasedima) u državi, koji se morao striktno uvažavati kod urbanizacije ugroženih delova teritorije. Duž pojedinih zona raseda i riftnih struktura, opet, odvija se tzv. *gasno disanje* Zemljine kore, tj. migracija štetnih i korisnih gasova iz dubine Zemlje. U tim zonama može biti izražen povišeni sadržaj pare žive, radioaktivnog gasa radona, helijuma, argona i sl., pa se smatra da one mogu imati značajan uticaj na mortalitet, naročito kroz pojavu raka (bronhija i pluća). Kao primere za *gasno disanje* navodimo: a) anomalije žive duž krupnih dubinskih raseda Srednje Azije u vazduhu zemljишnog pokrivača, široke 20 do 100 km (negativni uticaj); b) migraciju CO₂ duž raseda u predelu Palanačkog kiseljaka, uz nastanak poznate mineralne vode (pozitivni uticaj). Negativni, delom i pozitivni (sa balneološkog i industrijskog stanovišta) efekti datih procesa i pojava gasova i vode na zdravlje žitelja takvih rejona Zemljine kugle, na žalost, među naučnicima nisu do sada privukli dužnu pažnju (Tanasković I. i dr., 2009).

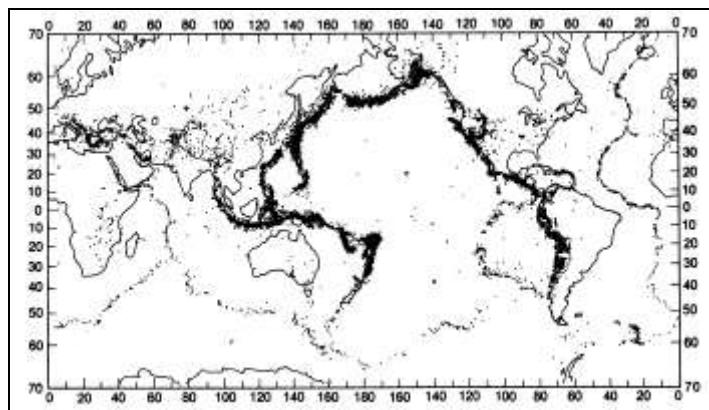


Sl.11. Položaj Alpskih orogenih pojaseva, kontinentalnih štitova i platformi na Zemlji (D.Milovanović, B. Boev, 2001).

V. Poslednjih godina, naglo se povećalo interesovanje za **geofizičke faktore** karakteristične po negativnom odrazu na zdravlje ljudi, kakva su razna polja – magnetno, elektromagnetno, gravitaciono i toplotno polje. Izučavanja imaju dva

smera: (1) *dejstvo prirodnih i veštačkih polja na biosferu – svet živih organizama* (čovek, životinje, biljke, mikroorganizmi), i (2) *težnja da se pojave od primarnog i sekundarnog uticaja na životnu sredinu i njenu zaštitu kvantitativno i kvalitativno ocene* (Komatina-Petrović S., 2011). Pokazalo se da u biosferi do interakcije geofizičkih polja i živih organizama dolazi usled: (1) prodora polja u organizam i prostiranja kroz njega; (2) primarne interakcije polja i organizma i (3) sekundarnog odziva organizma kao posledice primarne interakcije. Uočena je, pored ostalog, jasna veza između visokofrekventnog elektromagnetcnog zračenja i vremenskih frontova, smrtnosti, porođaja, saobraćajnih udesa ili industrijskih nezgoda. Prirodna magnetna polja mogu imati negativan (nepovoljan) ili pozitivan (povoljan) uticaj na organizme: *prvi* se ogleda kroz poremećaje centralnog nervnog sistema, žlezda, čula, ali i sistema za disanje, imunog i koštanog sistema, pojavu raka; *drugi* – kroz efekte magnetoterapije, lečenje nekih bolesti ili nervnog sistema. Kao primer, navedimo poznatu *Kursku magnetnu anomaliju* u Rusiji, koja vrši veliki uticaj na smrtnost stanovništva date oblasti. Primer je i Zlotska anomalija u blizini Bora, u Srbiji.

VI. Među **endogenim geološkim procesima**, za nas su interesantni procesi sa naglim manifestacijama (zemljotresi, erupcije vulkana), jer je zaštita od njihovog neželjenog dejstva urgentna. Ljudi su od prastarih vremena znali za **zemljotrese** i panično se plašili pri osećaju da im izmiče tlo pod nogama, da se okolo sve kreće i ruši, osećaju koji izaziva šok teško porediv sa bilo kojim drugim. Većina seizmičkih izvora takvih pojava, najvećeg rušilačkog dejstva, vezana je za dva glavna mobilna pojasa Zemlje: *Cirkumtihookeanski* i *Alpsi Sredozemnomorski-Transazijski orogeni pojas* (Sl.12). **Vulkanske erupcije** (Sl.13), takođe, spadaju u najupečatljivije, najrazornije i zastrašujuće pojave prirode, praćene ugrožavanjem života i imovine ljudi i masovnim oštećenjima traumatskog karaktera. Kao i zemljotresi, pretežno odlikuju mobilne oblasti Zemlje, ugrožavaju živote i imovinu stanovništva, izazivaju jake stresove kod čoveka (Komatina-Petrović S. i dr., 2012).



Sl.12. Raspodela zemljotresa u periodu 1961 – 1967. godina (Komatina M., 2001).

VII. Erozija, klizišta, odroni, kameno-blatni bujični tokovi, sleganja i prolamanja terena i dr., spadaju u **egzogene geodinamičke pojave**, obeležene većim ili manjim posledicama po ljudske živote i materijalne vrednosti, odnosno narušavanjem normalnog toka života i rada. Ako bismo, na primer, rušilačko dejstvo klizišta uporedili sa ostalim savremenim geološkim procesima, zaključili bismo da ono čak zauzima vodeće mesto, sa zemljotresima i poplavama. Katastrofalna klizišta, kameno-blatni bujični tokovi i odroni, dobijaju osobito grandiozne razmere u vreme snažnih zemljotresa. Svojim destruktivnim dejstvom na geološku sredinu, ljudi su doprineli da rizici takvog vida budu svakodnevno sve veći – Sl.14 (Komatina S. i dr., 2014).



Sl.13. Erupcija vulkana Sv.Jelena na zapadu SAD u podne, 18.5.1980.



Sl.14. Klizište kod Zenice nastalo posle katastrofalnih poplava u maju 2014. godine (Komatina S. i dr., 2014).

VIII. Perspektivno posmatrano, **podzemne vode** bez sumnje možemo svrstati u dominantni resurs za snabdevanje stanovništva, poljoprivrede i dela industrijskih postrojenja kvalitetnom vodom (M. Komatina, 1990). Opšte je poznato da je značaj vode za živi svet vanredno veliki, naročito malomineralizovane pitke podzemne vode. Zavisno od svojih fizičko-hemijskih, mikrobioloških i radiooloških svojstava i namene, dati uticaj se izražava kroz nezamenljivu fiziološku, epidemiološku i higijensku ulogu, ali i kroz neke negativne posledice po zdravlje zbog suviška ili deficit po jedinim elemenata u vodi. Navedimo dva primera; 1) *distribucija fluorida* u podzemnim vodama ranije područja Bolgatanga, na severu Gane, je takva da se najveći sadržaji fluora prostorno poklapaju sa rasprostranjenjem granita, te je razumljivo što je izdvojeni prostor sa vrlo učestanom dentalnom fluorozom; 2) još od sredine XIX veka, pojava gušavosti, inače veoma rasprostranjene u raznim formama na Zemljinoj kugli, vezuje se za *jodni deficit* u vodi za piće. Što se tiče mineralnih i termalnih voda i pratećih gasova, efekti njihovog stručnog korišćenja su uglavnom pozitivni. Naglašavamo – *stručnog korišćenja*, jer ono kod nas uglavnom nije takvo, pa ljudi sa visokim pritiskom koriste za piće vode vrlo bogate natrijumom; neki se praktično truju zbog visokog sadržaja fluora u pojedinim mineralnim vodama; široko je korišćenje gaziranih voda koje (zbog veoma visoke koncentracije CO₂) imaju agresivno dejstvo na organizam, itd. (Bogunović N. i dr., 2012).

IX. **Mineralni resursi**, po svom značaju na polju poboljšavanja životnih uslova stanovništva Planete, u ovo naše doba zauzimaju drugo mesto, odmah iza poljoprivrede. Među njima, *energetske sirovine* (nafta, gas, ugalj) svakako predstavljaju osnovni potencijal potreban za postojanje i razvoj savremenog društva, najcenjeniji mineralni produkt. Uran, pak, kao energetska sirovina, opterećen je velikim bremenom krivice za ranije, sadašnje i buduće radioaktivno zagađenje Zemlje, zagađenje koje glavnina čovečanstva doživljava kao najalarmantniji problem današnjice. Široka upotreba *metala* (gvožđe, aluminijum, mangan, magnezijum, bakar, olovo, cink, nikl i dr.) i *nemetala* (agrohemijske i hemijske sirovine, geološki građevinski materijali, i dr.) u privredi je dobro poznata. Interesantno je istaći sledeća dva momenta: (1) mnoge mineralne sirovine zadobijaju sve veći značaj, zbog uloge koje igraju u zaštiti životne sredine (bentonitske gline, zeoliti, vermiculiti, glaukonit, krečnjaci, itd.) i (2) istraživanja rizika od amfibolskog azbesta, tremolita, volastonita, zeolita i drugih vlaknastih minerala i njihove prašine, pokazali su uticaj na pojavu malignih tumora na plućima, zatim fibrozu (azbestozu) pluća, pa im se posvećuje sve veća pažnja. Ostaju teže rešivi problemi vezani za neobnovljivost mineralnih resursa, odnosno narušavanje i zagađenje životne sredine. Ovi drugi su naročito izraženi u predelima rudnih ležišta i pratećih oreola rasejavanja, zatim poljima njihove eksploatacije i prerade, gde je životna sredina više ili manje narušena zbog visokih koncentracija ekološki toksičnih elemenata i sa izraženim posledicama po zdravlje stanovništva (Ugrinov D. i dr., 2013).

X. Uloga **prirodnih radionuklida** iz stena, zemljišta i podzemnih voda i njihovog zračenja, kao izvora radijacionog rizika biocenoze, prisutna je od nastanka života na Zemlji. Tako su, provocirani radiomutacijama, prirodni radionuklidi uticali ne samo na evoluciju živih organizama, nego i na dinamičku ravnotežu ekološkog sistema (Bossew P. i dr., 2013). Sem u predelima anomalija koje markiraju zone ležišta i pojava urana, sa okolnim prostorom, ili rejonima sa visokom koncentracijom radioaktivnog gasa radona, prirodna radioaktivnost litosfere (biosfere) je izražena kroz tzv. *male doze*, tj. doze koje ne izazivaju kliničke simptome, ali imaju izraženo bionegativno dejstvo (Sl.15).

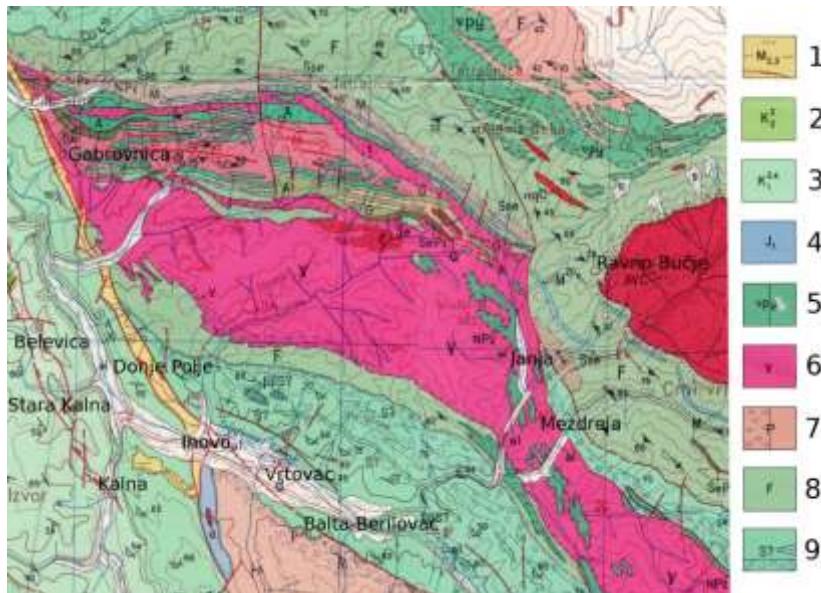
Prema brojnim autorima, malo uvećanje apsorbovanog zračenja povećava verovatnoću oboljevanja od katarakte, pojave radijacionih bolesti, doprinosi nastanku tumora, skraćuje trajanje života, usporava razvoj deteta u majčinoj utrobi. *Radon u gasovitom stanju* pokazuje neželjene uticaje, a kritični organ su pluća, u kojima se fiksira, da bi pravu opasnost predstavljali njegovi kratkoživući potomci - *bizmut i polonijum*. Rizik od raka je u direktnoj zavisnosti od koncentracije ovog gasa u prostoru u kome čovek provodi svoje vreme. Ne treba izgubiti iz vida ni pozitivnu ulogu fenomena radioaktivnosti u zdravstvu.

XI. Medicinska nauka se počela interesovati za **mikroelemente** i njihovu ulogu u patološkim procesima tek od početka XX veka, iako je na ogromnu ulogu tih elemenata u biohemiskim procesima organizama skretana pažnja mnogo ranije. U svakom slučaju, preduslov za postojanje neophodnih **makro- i mikroelemenata** u lancu ishrane biljaka, životinja i čoveka je njihovo prisustvo u stenama, zemljištu i vodi. Inače, makro- i mikroelementi vrše mnogobrojne i raznovrsne funkcije u svim organizmima, a njihov deficit ili višak dovodi do bolesnog stanja. To je poslužilo kao osnova za izdvajanje novih klasa bolesti – *mikroelementoza*, tj. bolesti i sindroma u čijoj etiologiji glavnu ulogu igra nedostatak ili suvišak mikroelemenata u čovekovom organizmu ili njihov debalans, u tom smislu anomalni odnosi mikro- i makroelemenata.

Kao primeri mikroelementoza mogu poslužiti: (1) *deficiti elemenata – joddeficit* (endemska gušavost), *selendeficit* (kešanska bolest, kancerogeneza), *gvožđedeficit* (anemije i dr.), *cinkdeficit* (zaostajanje rasta i polnog sazrevanja), (2) *suvišak određenog mikroelementa* – endemska fluoroza, endemska arsenoza ili (3) *debalans mikro- i makroelemenata* (bolest Kašina-Beka). Zahvaljujući veoma razvijenim savremenim metodama geochemije, danas smo u stanju da izdvojimo geohemski rizične rejone (provincije) i rejone povoljne sa zdravstvenog stanovišta i odredimo mere za poboljšanje ekološke sredine.

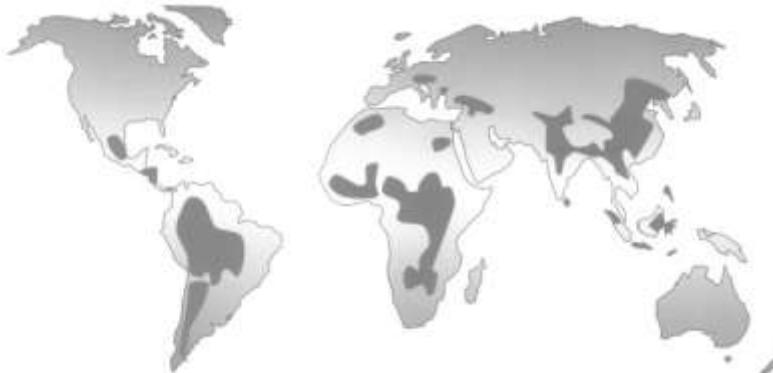
Zadržimo se na sledeća tri problema današnjice: (1) zbog *suviška fluora u vodi*, mnoge zemlje, kao što su Kina, Indija, Šri Lanka, Gana i Tanzanija, imaju veoma izraženu pojavu dentalne (delom i koštane) fluoroze, a karijes zuba danas predstavlja najmasovnije oboljenje čoveka praćeno značajnim socio - medicinskim problemima; (2) računa se da je preko 1.6 milijardi ljudi pod rizikom mentalne retardacije i oštećenja mozga zbog *deficita joda u hrani i vodi* (Sl.16), a svake godine radja se sto hiljada kretena, zbog čega odnos izmedju geochemije joda u geološkoj sredini i pojave bolesti predstavlja u današnje vreme jedno od

najinteresantnijih istraživačkih polja; (3) endemska arsеноза, nastala *suvišnim dospevanjem neorganskih oblika arsena u organizam putem vode i hrane*, do sada je obuhvatila područja južnog Tajvana, Čilea, Argentine, Meksika, Kine, zapadnog Bengala, Bangladeša...



Sl.15. Geološka karta područja Kalna u JI Srbiji (Bossew P. i dr., 2013). 1. Konglomerati, pesak, peščari, krečnjak (a); 2. Peščar, škriljac, 3. Krečnjak, škriljac; 4. Lijaski konglomerat i peščar; 5. Srednjezrni gabro; 6. Granit; 7. Formacija crvenog peščara: konglomerat (a), konglomerat, peščar, alevrolit (b); 8. Zelene stene, zeleni škriljci; 9. Peščar (a), krečnjak (b).

Paradoksalno je da je svest o značaju pomenutih i drugih elemenata geološke sredine i potrebi poznavanja i zaštite njenih vrednosti još uvek u društvu zakržljala, suprotno realnim potrebama čovečanstva. Zbog toga što geološka sredina predstavlja "kostur" životne sredine, a glavnina prirodnih resursa pripada geološkoj sferi, zatim zbog izražene intimnosti, složenosti i aktuelnosti u odnosu neorganske sredine i čovekovog zdravlja, geološka istraživanja bi morala da predstavljaju veoma važnu oblast budućih istraživanja. Međutim, podsetimo se da je osnovna prirodna nauka – *geologija*, u našoj zemlji praktično još 1954. godine, ukidanjem tog predmeta u gimnazijama, bila odbačena na sporedni kolosek. Na taj način, onemogućeno je obrazovanje i uspostavljanje široke geološke kulture građana i razumevanje značaja geološke sredine i geoloških istraživanja. *Danas se bez znanja iz svih domena nauka o Zemlji, a posebno bez poznavanja zakona funkcionalisanja prirodnih sistema, čovečanstvo ne može uspešno suprotstaviti, nažalost već započetom, uništavanju prirodnih okvira čovekovog življenja, odnosno ne može se uspešno boriti za opstanak ljudske vrste na Zemlji* – kaže N. Pantić u radu **Nauke o Zemlji i budućnost** (1991).



Sl.16. Područja jodnog deficitu na Zemlji (Komatina M., 2004).

2.2. Potreba za geomedicinskim istraživanjima

Kao što smo zapazili, nivo zdravlja stanovništva u značajnoj meri zavisi od uslova prirodne sredine. Hipokrat je pre 2.5 hiljade godina isticao: *Bolest nam ne dolazi iz vedra neba, već se razvija iz svakodnevnih malih grehova prema prirodi.* Čovek je svakako suočen sa potrebom i sa velikim poteškoćama da bolje upozna prirodu, da utvrdi prave uzročnike bolesti ili pozitivne uticaje prirodnih faktora na zdravlje. Čini se da se medicina u svojim istraživanjima u primetnoj meri "odlepila" od tog fundamenta, te danas imamo izraženo bujanje alternativnih načina lečenja obolelih.

Takva pozicija delimično je ispravljena nastankom discipline između geografije i medicine – *medicinske geografije* (Komatina M., 2001). Međutim, zasnovana na više prirodnih i društvenih nauka, medicinska geografija je razumljivo o prirodnim uslovima neke teritorije pretežno sintetizovala uopštenu informaciju, ne zalazeći dovoljno duboko u pojedine važne faktore neorganske sredine, kao moguće uzročnike pojava oboljevanja stanovnika, odnosno u njihov pozitivni uticaj na čoveka.

Evidentni uticaji raznih neorganskih faktora na zdravlje populacije nametnuli su potrebu da se iz geologije – nauke o neorganskom svetu, izvuče maksimum, kod pronalaženja uzročnika nastanka bolesti i određivanja stepena povoljnosti življjenja na nekom prostoru, pre svega. Da bi se popunila praznina na relaciji *živa – neživa priroda*, sovjetski pedolozi najpre, sredinom XX veka, formulišu osnove novog naučnog smera – *geochemije prirodne sredine (landšafta)*, dinamičnog sistema zemljine površine u kome su tesno povezani i međusobno uslovljeni živi organizmi i neorganska materija.

Prvi i jedan od retkih koraka da se geološka nauka suštinskiye uključi u multidisciplinarne napore u borbi za očuvanje zdravlja stanovništva čini H. Zeiss, uvodeći u Nemačkoj 1931. godine termin **geomedicina**. Pod tim terminom, Zeiss i sledbenici podrazumevali su *naučni smer odvojen od medicinske geografije, koji pri izučavanju razvica bolesti u prostoru i vremenu akceptira svoju pažnju na*

faktorima geosfere (geoekologija, ekologija prirodne sredine) – uzročnicima ove ili one forme razvića izučavanog fenomena. Nažalost, napor i nemačke škole nisu imali šireg odjeka, tokom vremena ni na sopstvenom tlu.

Opravdanost rada na polju kakvo je polje medicinske geologije zaokupljala je još pažnju velikana srpske nauke, J. Pančića (lekara, botaničara i geologa), koji je još sredinom 20. veka pismeno apelovao na sve okružne lekare da obrate pažnju *mineraloškim tvarima u zemlji*. U skorije vreme, pionirske korake na saradnji geologa i lekara u našoj zemlji učinio je Z. Maksimović, sa radovima o uskoj povezanosti geochemijskih faktora i endemskog nefrita u Srbiji, da bi kasnije vodio više multidisciplinarnih skupova o selenu i magnezijumu i objavio više zapaženih radova iz oblasti geochemije vezanih za zdravlje čoveka.

Prošle su decenije značajnih pojedinačnih doprinosa lekara, biologa, geologa, geografa, hemičara i drugih specijalista rešenju problema zdravstvene zaštite u svetu. Koristeći tako akumulirane rezultate i ostala saznanja, M. Komatina celovito razrađuje materiju na dodiru geologije i medicine, u obimnijem delu **Medicinska geologija** (2001).

Osnovni cilj nove naučne discipline – **medicinske geologije** je da izučava opšte zakonitosti uticaja geološke sredine na čovekovo zdravlje, preciznije - da među geološkim faktorima izdvoji one koje mogu biti osnovni uzročnici pojedinih bolesti ili mogu imati pozitivan uticaj na čoveka. Pojednostavljeno posmatrano, medicinska geologija će, na primer, dati svoj doprinos ukoliko preciznije izdvoji prostrane oblasti u Srbiji deficitirane selenom ili područja sa visokim sadržajem gasa radona, kako bi se preduzimanjem potrebnih mera znatnije smanjila stopa smrtnosti od malignih tumora.

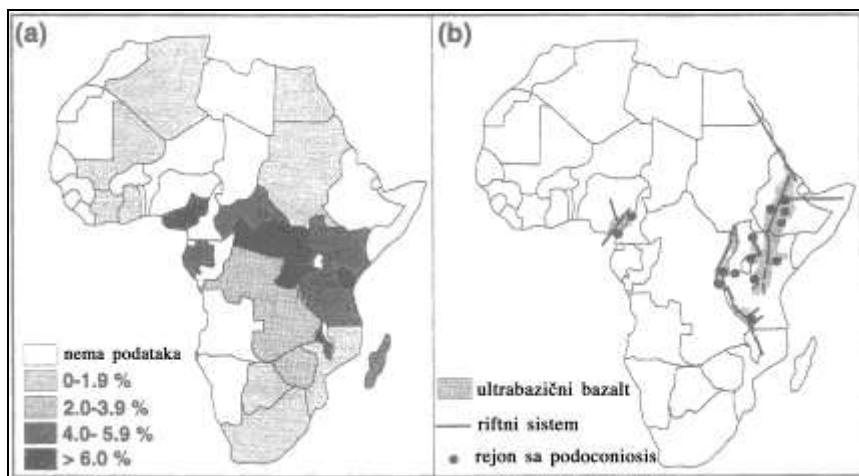
Važan rezultat medicinske geologije takođe predstavlja pronalaženje svakog novog izvorišta kvalitetne podzemne vode, pošto se time smanjuje mogućnost oboljevanja stanovništva. Postavljaju se i mnoga druga pitanja, od kojih ćemo izdvojiti sledeća dva: (1) da li je humano da seljaci dela kuća u naselju Ljuljac, na južnim padinama Golije, žive baš u predelu intenzivne anomalije radioaktivnosti, koja je sa velikim rizicima po zdravlje; (2) zabrinjavajuća je činjenica da na predelu crnih škriljaca na Kučaju i Beljanici, stanovnici koriste za piće vodu veoma kontaminiranu radonom i radijumom ili što je voda koju koristi stanovništvo grada Arandelovca sa visokim sadržajem radijuma, pošto su akumulacije (izvorišta grada) formirane baš na ležištima urana planine Bukulje (Komatina M., Komatina-Petrović S., 2011)!?

Zadatak medicinske geologije sastoji se u izučavanju zakonomernosti uticaja geološke sredine na zdravlje socijalno organizovanog čoveka. Rešenja tog zadatka biće u mnogome olakšano ukoliko izvršimo medicinsko - geološku diferencijaciju (rejonizaciju) interesantne teritorije. Prva stepenica je prebrođena ako istraživanja usmerimo na geotektonске celine prvog reda (štitovi, platforme, mobilne oblasti) i njihove ekstremne zone, pošto te celine integrišu sve važnije prirodne faktore i tako olakšavaju njihovu ocenu sa medicinskog stanovništa. Dalje, unutar tih celina postoje prostrane teritorije izgrađene od jedne vrste stena, odnosno od jedne geološke formacije, na primer, bazalta ili granita ili krečnjaka,

češće razvrstavane u pojedine biogeohemijske provincije – posebne prirodne zone karakteristične po povišenom ili sniženom sadržaju određenog hemijskog elementa u zemljištu i vodi. Može se predpostaviti da na tim litološki monotonim prostorima vladaju specifični geomedicinski, odnosno medicinski uslovi (Sl.17). Sledeći zadatak mogu preduzeti detaljnija medicinsko - geološka kartografija i medicinska istraživanja, kako bi se preciznije (konkretnije) prikazali odnosi pojedinih geoloških faktora (elemenata) i patoloških stanja.

Predmet interesovanja **primjenjene medicinske geologije** biće rešavanje konkretnih zadataka za potrebe privrede, zdravstvene zaštite, zdravstvenih aspekata boravka u radnom i zatvorenom prostoru, zadataka vezanih za narušavanje i zagađenje životne sredine, prostornog planiranja i drugog.

Ako izdvojimo problem *radona*, možemo, na primer, po rasprostranjenosti ležišta i pojava urana i geološkom sastavu, predpostaviti da je značajan broj seoskih naselja u Srbiji, pre svega, lociran u predelima sa anomalnim prisustvom ovog (vrlo opasnog po zdravlje), gasa u stambenim prostorijama i podrumima pića. Zato nije isključeno što se visoka smrtnost od malignih tumora u Srbiji može delom povezati sa uticajem radona (i selena) na zdravlje populacije. Bivša Čehoslovačka je sličan problem razrešila na osnovu precizno urađenih karata radonskog rizika, što je omogućilo da se pri urbanizaciji izbegavaju tereni sa ekstremno visokim rizikom ili projektuje odgovarajuća konstruktivna zaštita od radona. Dodavanje *selena* u hranu ili korišćenje selenskog đubriva pokazalo je vrlo vidljive efekte u Kini, Finskoj i drugim zemljama.



Sl.17. Geografska distribucija Kaposi sarcoma (a) i bazalta (b) u Africi (Komatina M., 2004).

Navedimo još jedan primer – *endemsку nefropatiju* u Srbiji (Sl.18). Dok ne bude pronađen etiološki faktor, moguće rešenje je da se kod obezbeđenja vode za piće pobegne iz poznatog problematičnog geološkog ambijenta – povlatnog sloja aluviona i kaptira glavni vodonosni horizont aluvijalnih tvorevina ili koristi neka druga vodonosna sredina.

Medicinska geologija, na kraju, može mnogo da pomogne *optimizaciji životne sredine* da bi se dostigao najviši nivo zdravlja stanovništva mnogih teritorija na našoj planeti. Misli se, u prvom redu, na geochemijski učinak u prehrabenoj proizvodnji i vodi za piće, koji će na najbolji način obezbititi potrebe čovekovog organizma.



Sl.18. Položaj seoskih naselja sa sigurnim i sumnjivim žarištima endemske nefropatije u Srbiji. 1 – seoska naselja sa sigurnim žarištima EN; 2 – seoska naselja sa sumnjivim žarištima EN (Komatina M., 2001).

2.3. Klimatski faktori

Sve pojave na Zemljinoj površini rezultat su neprestanog uticaja dviju suprotnih grupa procesa. Prva grupa procesa isključivo se odnosi na uticaje *toplotne energije koja vodi porijeklo iz Zemljine unutrašnjosti*, te ih zbog toga nazivamo *unutrašnjim ili endogenim procesima*. Za njih se vezuju kretanja Zemljine kore i stvaranje raznovrsnih reljefnih oblika. Za drugu grupu procesa vezuje se djelovanje *Sunčeve zračne energije*. Pošto dolaze izvan naše Planete, nazivamo ih *spoljašnjim ili egzogenim procesima*. Oni su zaslužni za različite pojave u atmosferi, površinskom dijelu litosfere, hidrosferi i biosferi.

Sve pojave nastale kao rezultat djelovanja unutrašnjih i vanjskih sila uticale su na oblikovanje živog svijeta kroz geološku istoriju. Najveći značaj za organizme, kada su u pitanju uticaji koji dolaze od nežive prirode, ima kompleks klimatskih i edafskih faktora. Na biocenazu utiču fizičko-hemijske karakteristike staništa, ali i ona djeluje na svoj način na određene promjene uslova u samom staništu. Biotop i živi svijet u njemu se nalaze u neraskidivom jedinstvu u procesu protoka energije i kruženja materije.

Sva živa bića podlježu dejstvu klimatskih faktora. Klima, shvaćena kao kompleks faktora, direktno vrši uticaj na organizme, ali i posredno tako što utiče na promjene reljefa na Zemlji. Usljed djelovanja visokih i niskih temperatura, dolazi do pojave površinskog pucanja stijena, eolske erozije, i akumulacije (razaranje podloge i gomilanje odnešenog materijala). Pored matičnog supstrata, formiranje pedološke podloge zavisi najviše od klime određenog prostora.

Živi svijet, čiji raspored zavisi od klimatskih uslova, mijenja, manje ili više, i same klimatske faktore. Ove promjene mogu da budu veoma značajne, tako da se prema vegetaciji, koja modifikuje uticaje klimatskih faktora na formiranje određenih oblika klime, nazivaju i pojedine vrste klime (*stepska, šumska, klima bukve*). Vegetacija može i da ublaži negativno dejstvo vjetra ili nekog drugog klimatskog elementa.

Zahvaljujući sredstvima informisanja, svakodnevno, nakon jednog sata pa i češće, čujemo, gledamo ili čitamo o stanju **vremena** i vremenskoj prognozi za određeni vremenski raspon - jedan ili više dana, za određeni dio Zemlje. To nam omogućuje da saznamo trenutne ili prognozirane vrijednosti trajanja Sunčevog sjaja, o temperaturi, vazdušnom pritisku, a rijedje i o vrijednostima drugih klimatskih elemenata. Možemo reći da *vrijeme predstavlja trenutno stanje troposfere iznad nekog prostora*. Vrijeme iznad nekog prostora najviše zavisi od sljedećih faktora: intenziteta Sunčevog zračenja, cirkulacije vazduha u atmosferi i karaktera podloge. Vremenske prilike u prizemnom sloju atmosfere neposredno utiču na životinje, biljke i ljude.

Vrijeme je podložno većim ili manjim promjenama, što je uslovljeno položajem nekog prostora i godišnjim dobom. Ukoliko se promijeni vrijednost samo jednog elementa, on će uticati i na promjenu ostalih elemenata. Sa promjenom temperature, dolazi promjena u rasporedu vazdušnog pritiska, koji dalje utiče na vjetrove, oni na oblačnost, oblačnost na padavine, one na temperaturu, i tako sve u krug.

Da bismo došli do saznanja o **klimi**, neophodni su nam podaci o klimatskim elementima, odnosno vremenu, sakupljeni kroz više decenija. Na osnovu toga, možemo reći da *klima predstavlja prosječno višegodišnje stanje klimatskih elemenata iznad nekog prostora*.

Za razumijevanje klime, neophodno je proučavanje *kompleksa pojava*, koji se u klimatologiji dijele na *klimatske elemente i faktore ili činioce*. Klimatski elementi imaju često promjenljive vrijednosti, jer zavise od velikog broja pojava i procesa. Za razliku od klimatskih elemenata, klimatski faktori su gotovo nepromjenljivi.

U najvažnije **klimatske elemente** ubrajamo: radijaciju (kratkotalasno i dugotalasno zračenje), temperaturu (vazduha i površine zemlje), vazdušni pritisak, pravac i brzinu vjetra, vlažnost vazduha i evaporaciju (veličina isparavanja), oblačnost i trajanje sijanja Sunca, padavine i snježni pokrivač.

Vrijednosti klimatskih elementa su promjenljive, zbog uticaja koje vrše klimatski faktori, a koje još nazvamo i *klimatskim modifikatorima*. Modifikovanjem klimatskih elemenata, modifikuje se i sama klima.

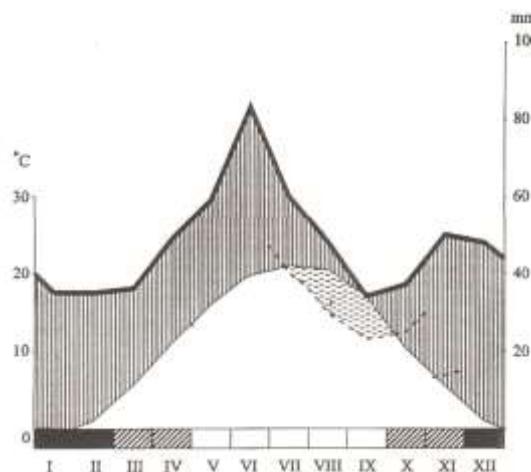
U **klimatske faktore** ubrajamo: Zemljinu rotaciju, Zemljinu revoluciju, geografsku širinu, atmosferu, raspored kopna i mora, nadmorsku visinu, morske struje, udaljenost od mora, jezera, reljef zemljišta (ekspozicija, odnosno položaj ili izloženost zemljišta prema Suncu tokom dana ili godine), vrstu podloge (različiti tipovi tla i stijena, voda, snijeg, led i dr.), biljni pokrivač, atmosfersku cirkulaciju i smjenu i preobražaj vazdušnih masa.

2.3.1. *Složenost djelovanja klimatskih ekoloških faktora*

Klimatski faktori uvijek djeluju kompleksno i uzajamno se uslovjavaju, odnosno dejstvo jednog faktora je modifikovano uticajem ostalih faktora. Organizmi u okviru svake populacije bilo koje vrste prilagođavaju se ukupnom djelovanju povezanog klimatskog kompleksa. To ćemo ilustrovati **povezanošću temperature i vlažnosti**, koji su, kao značajni elementi vremena i klimatski ekološki faktori, veoma povezani, a njihove vrijednosti međusobno uslovljene. Kada se povećaju temperature, one tada utiču na pojačan intenzitet isparavanja vode sa podloge, a samim time povećava se i apsolutna vlažnost vazduha. Pri povećanju temperaturnih vrijednosti i istovremenom umanjenju vlažnosti vazduha, kopneni organizmi će odavati veću količinu vode. Kompleksnim djelovanjem temperature i vlažnosti, vrši se uticaj na metabolizam, plodnost, razmnožavanje, razviće i dužinu života. Isto tako, i zonalno rasprostranjenje i lokalni raspored biljnih zajednica i populacija zavisi najviše od temperature i vlažnosti.

Za rasprostranjenost određenih ekoloških tipova biljaka je važnija preraspodjela temperatura u toku godine (jer je poznato da oblasti sa istom srednjom godišnjom temperaturom u klimatskom smislu mogu biti potpuno različite) od srednje godišnje temperature vazduha. Na biljke najveći uticaj imaju oni vremenski uslovi na određenom mjestu od kojih zavisi trajanje vegetacionog perioda, temperaturne oscilacije, kao i pojavljivanje ili nepostojanje perioda sa niskim temperaturama koji uslovjavaju fazu mirovanja. Istoriski faktor, vlažnost, temperatura i drugi ekološki klimatski faktori, u sadejstvu sa zemljištem utiču na zonalni raspored vegetacije.

Uz pomoć **klimadijagrama** najbolje se može sagledati klima jednog područja. Klimadijogramima su predstavljeni najvažniji ekoklimatski faktori, tako što se u koordinatnom sistemu unose podaci o srednjim mjesecnim temperaturama i padavinama u toku godine. Mjeseci koji se smjenjuju u toku godine su obilježeni na apscisi, na lijevoj ordinati - srednje mjesecne vrijednosti temperature, dok se, u isto vrijeme, na desnoj ordinati bilježe srednje mjesecne vrijednosti padavina. U cilju boljeg raspoznavanja sušnog i vlažnog perioda, odnos veličina temperatura i padavina je jedan prema dva. Klimadijagram, po Valteru, je prikazan na Sl.19.



Sl.19. Klimadijagram prema Valteru (67,81).

- I. životinjski svijet je podložan kompleksnom djelovanju klimatskih faktora. Tako na rojenje malog gundelja (*Miltotrogus pilicolis*), sutonskog letača, utiče intenzitet svjetlosti, temperatura i vlažnost.

2.3.2. Zračenje i svjetlost

Površina Zemlje dobija energiju iz više izvora. Tako površina Zemlje i atmosfera iz unutrašnjosti naše Planete dobiju 180 J cm^{-2} , što je nedovoljno, s obzirom da ta količina u prosjeku može da zagrije površinu Zemlje za svega oko 0.15°C . Sva energija koju dobije Zemlja mimo naše zvijezde, Sunca, ima samo teoretski značaj. Jedini realan izvor energije za sve fizičke i hemijski procese i pojave koji se dešavaju u prirodi je Sunce. Samo jedan dvomilijarditi dio energije koje Sunce izrači u Kosmos je dovoljno da se, u obliku koji poznajemo, održava cjelokupan život na Zemlji. U jednoj sekundi, na Suncu se oslobodi 10^{27} kWh energije, što je ravno količini energije koju bi, u isto vrijeme, oslobodila eksplozija od milion hidrogenskih bombi.

U vidu **elektromagnetskih talasa**, energija sa Sunca prenosi se pravolinjski na sve strane. Sunčevi zraci stižu u biosferu u vidu spektra sa talasnim dužinama između 200 i 3 500 nm.

Sunčev zračenje se sastoji od:

- Ulraljubičastog zračenja* (100 do 380 nm). Atmosfera apsorbuje vakuumsku ulraljubičastu (100 – 190 nm) i daleku (190 – 280 nm) oblast, dok do površine Zemlje dopire bliska (280 – 380 nm) ulraljubičasta oblast;
- Fotosintetski aktivne radijacije* (FAR) u spektralnom području od 380 do 710 nm. Oblast spektra od 380 do 800 nm u fizici i aktinometriji se naziva *svjetlost ili vidljivo zračenje*;

- c) Raspon talasnih dužina od 710 do 80 000 nm pripada *infracrvenoj* oblasti spektra.

Na 1 cm² površine u minuti, na gornjoj granici atmosfere vrijednost intenziteta Sunčevog zračenja iznosi 1.98 cal. Ovu vrijednost Sunčevog zračenja na gornjoj granici atmosfere nazivamo *solarnom konstantom*.

Biljke od Sunca primaju energiju koju koriste cijelog života, i to od nicanja i formiranja biljne mase, ali i za obavljanje mnogih fizioloških i biohemičkih procesa. Kada je u pitanju energija koju Sunce zrači na površinu Zemlje, životne funkcije biljke zavisiće od spektralnog sastava, intenziteta i trajanja Sunčevog zračenja.

List kao svojevrsni optički sistem omogućava da biljke primaju Sunčevu energiju, i to iz ultraljubičastog, vidljivog i infracrvenog dijela spektra. UV zračenje (1 – 3 % od ukupnog Sunčevog zračenja koje stigne na Zemlju) list apsorbuje 90 – 99%, a vidljivi dio spektra – uglavnom ljubičasto-plavo i narandžasto-crveno zračenje 80 – 95%. Vidljivi dio spektra ima najveći uticaj na život biljaka, a samim time i na biosferu u cjelini. Na biljke infracrveni dio spektra Sunčevih zraka utiče toplotnim dejstvom. Infracrveni dio spektra čini 50 – 60% Sunčeve energije dospjele na Zemlju.

Heterogenost lista, kada je u pitanju njegov sastav i pojedine karakteristike, veoma je bitna za apsorpciju zračenja. Apsorpcija je u direktnoj vezi sa materijalom od koga su građene ćelijske opne i protoplazma. Ona zavisi i od fermenta, kao i od količine žutih i zelenih pigmenata (flavoni, karotinoidi i hlorofil). Svi ovi faktori zajednički utiču na selektivnu apsorpciju zraka. Pigmenti – fotoreceptori, debljina lista i njegova anatomska struktura (broj i veličina ćelija, broj i veličina plastida u ćeliji), sadržaj organske materije u jedinici površine lista i sadržaj vode imaju odlučujuću ulogu u apsorpciji Sunčevog zračenja.

Propuštanje Sunčevih zraka zavisi, uglavnom, od faktora od kojih zavisi i apsorpcija Sunčevog zračenja. Propuštanje zraka najviše zavisi od sadržaja vode u listu, boje lista, kao i njegove debljine i strukture. Sa starenjem listova, mijenjaju se i njihove karakteristike, a samim tim, i uticaj navedenih faktora se, takođe, mijenja. U umjerenim geografskim širinama, nakon olistavanja drveća u proljeće, sa promjenom boje i veličine listova, propuštanje FAR (*fotosintetski aktivna radijacija – svjetlost*) je sa protokom vremena sve manje. U martu, propušteno Sunčev zračenje kod listova je 2.5 puta veće nego krajem maja. Suv list propušta, u prosjeku, za 1.6 puta manje infracrvenog zračenja od svježeg lista. Ali, povećavanjem talasne dužine, ta razlika postaje sve manja, da bi, kod talasnih dužina većih od 2600 nm, potpuno nestala.

Refleksija difuznog tipa je preovlađujuća kod listova, zbog ortotropnosti njihove površine. *Refleksija ogledalnog tipa* je moguća kada se na površini lista formira tanak sloj vode, ali i ako se stvori tanak sloj voska. Vosak sprečava prekomjerno isparavanje iz lista, ali može da služi i kao odbrana od nepovoljnih hemijskih uticaja. Sa starenjem lista, kod drvenastih šumskih vrsta, tokom vegetacionog perioda mijenjaju se i njegove spektralne karakteristike. Kao primjer

mogu nam poslužiti listovi obične ljeske (*Corylus avellana*). Pred kraj vegetacionog perioda, listovi ove biljke dobijaju crvenopurpurnu boju. Žuti list ljeske posjeduje najveće sposobnosti refleksije i propuštanja svjetlosnog dijela spektra, a crveni list najmanje.

Prodirući kroz atmosferu, Sunčevi zraci, i prije nego što stignu na površinu Zemlje, pretrpe određene promjene. Od sastava vazduha i prozračnosti atmosfere zavisiće intenzitet tih promjena. **U atmosferi se nalaze** različiti molekuli gasova, slojevi sa različitom gustinom vazduha, zatim vodena para i sitne čestice mineralnog ili organskog porijekla, koji apsorbuju ili odbijaju određenu količinu energije. Apsorbujući zrake različitih talasnih dužina, gasovi zastupljeni u atmosferi vrše *selektivnu apsorpciju* (ozon apsorbuje veći dio ultraljubičastog, a ugljendioksid odlično apsorbuje zrake iz infracrvenog dijela spektra). Veliki broj čestica sa kojima se sudaraju zraci ima hrapavu površinu, što prouzrokuje *rasturanje zraka* ili *difuznu refleksiju*.

Na Zemljinu površinu Sunčevi zraci stignu dijelom bez promjena, ili u vidu rasturenih Sunčevih zraka. U prvom slučaju, riječ je o *direktnom Sunčevom zračenju*, a u drugom - o *difuznom* ili *nebeskom Sunčevom zračenju*. Sabiranjem vrijednosti ova dva zračenja, dobijamo *globalno zračenje*.

Kada Sunčevi zraci prolaze kroz atmosferu, 19% zračenja koje dospije na gornju granicu atmosfere bude apsorbovano (16% u samoj atmosferi, a 3% apsorbuju oblaci), dok se 30% reflektuje nazad u međuplanetarni prostor (20% od oblaka, 6% od molekula i čestica prisutnih u atmosferi i 4% od Zemljine površine). Ostatak od 51% energije apsorbuje Zemljina površina. Od vrste podloge zavisi koliko će se sa pojedinih dijelova Zemljine površine reflektovati energije. Najveći *albedo* (odnos reflektovane i primljene energije, odnosno odnos reflektovanog prema globalnom zračenju) imaju sasvim bijela (100%), a najmanji - potpuno crna tijela (0%).

Razmjena energije između površine Zemlje i atmosfere utiče na toplotno stanje zemljine površine i atmosfere i procese u biosferi, koji su u vezi s tim.

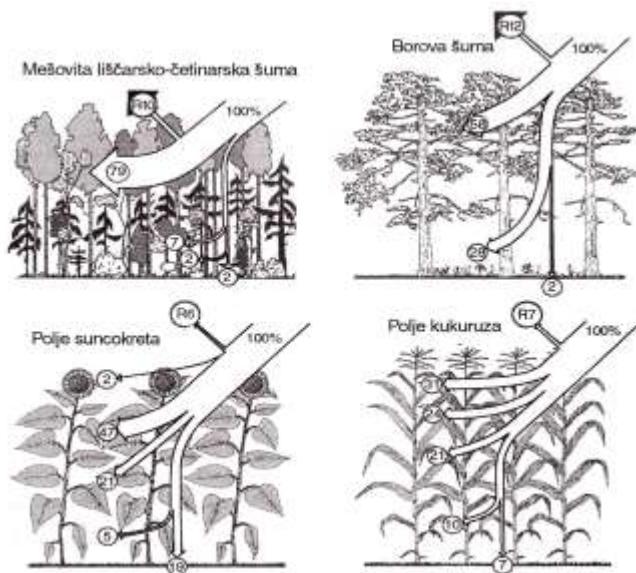
Od ukupnog Sunčevog zračenja, Zemljina površina apsorbuje 51%. Selektivna apsorpcija i difuzna refleksija uslovjavaju promjene u spektralnom sastavu i intenzitetu Sunčeve energije. Zemljina površina (čvrsta ili vodena) apsorbuje dio energije dobijene direktnim i difuznim zračanjem, a najviše dugotalasno zračenje, što dovodi do njenog zagrijavanja. Godišnje, od Sunca, kvadratni kilometar Zemljine površine, u prosjeku, primi 2.6×10^{15} kalorija, što odgovara količini toplote koja se dobije kada sagori 400 000 tona kamenog uglja.

Zemljina površina i atmosfera neprekidno primaju velike količine Sunčeve energije, te bi se površina Zemlje trebala pregrijati. Do toga ne dolazi, jer *Zemljina površina i atmosfera i same izračuju primljenu toplotu*, te je i mogućnost njihovog pregrijavanja isključena. Sa površinskog sloja kopna i vode, izračivanje toplote se vrši dugotalasnim zracima. Izračivanje toplote sa površine Zemlje u atmosferu i interplanetarni prostor nazivamo *terestričko zračenje* ili *izračivanje Zemljine površine*. To se dešava danju i noću, najviše kada je nebo vedro, a sadržaj vodene pare mali.

Poput Zemljine površine, u prirodi se neprestano dešava i *protivzračenje atmosfere*. I pored toga što zadrži relativno malu količinu energije i ne može se značajnije zagrijati, atmosfera je ipak značajan izvor za površinu Zemlje. Najviše zahvaljujući koncentraciji vodene pare, u prizemnom sloju dolazi do apsorpcije najvećeg dijela dugotalasnog zraka sa Zemljine površine. Samo manji dio tog zračenja apsorbuju ugljendioksid i ozon. Atmosfera se najviše zagrije od dugotalasnog Zemljinog zračenja, a dobijenu toplotu dugotalasnim zracima izračuje u svim pravcima, najviše u pravcu Zemljine površine (70%), a manje u međuplanetarni prostor. Najveći dio ovog zračenja, a koji je usmjeren prema površini Zemlje, nazivamo *protivzračenje atmosfere*. Zemljina površina apsorbuje između 90 i 99% ovog zračenja, pa je ono veoma značajan izvor za nju. Intenzitet protivzračenja atmosfere se povećava kada je nebo pokriveno oblacima.

Površina Zemlje uvijek izrači više energije od one koju dobije, zahvaljujući protivzračenju atmosfere. Površina Zemlje najviše toplove gubi noću, kada se i najviše hlađi, jer ne prima toplotu od Sunca. Ovu razliku između izračivanja Zemljine površine i protivzračenja atmosfere nazivamo *efektivno izračivanje*. Zbog rjeđeg vazduha na planinama, efektivno izračivanje ima veće vrijednosti. Kada od ukupne zračne energije koju primi Zemlja oduzmemmo njeno efektivno izračivanje, dobićemo njen *radijacioni bilans*. Kada od vrijednosti koju smo dobili sabiranjem direktnog Sunčevog zračenja (S), difuznog nebeskog zračenja (D) i protivzračenja atmosfere (A), oduzmemmo rezultat dobijen sabiranjem reflektovanog dijela Sunčevog i difuznog (nebeskog) zračenja sa površine Zemlje sa reflektovanim dijelom protivzračenja atmosfere (rA) i izračivanja sa Zemljine površine (E), dobićemo formulu kojom možemo izraziti *radijacioni bilans* (Q): $Q = S + D - R + A - rA - E$.

Kakav će biti radijacioni bilans određene površine, zavisiće od globalnog zračenja i protivzračenja, orografskog položaja (eksponicija i nagib zemljišta, zaklanjanje položaja) i vrste i osobina površine zemljišta (moć izračivanja, albedo, temperatura površine zemljišta) (Sl.20).



Sl.20. Radijacioni režim u mješovitoj liščarsko-četinarskoj šumi, borovoј šumi i polju zasijanom suncokretom i kukuruzom (67, 93).

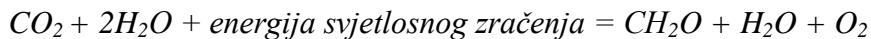
Radijacioni režim unutar vegetacijskog sklopa zavisi od *složenosti vegetacijskog sklopa*, odnosno da li zračenje prolazi kroz vegetaciju jednostavnijeg (puštinjske i livadske zajednice) ili složenijeg (tropska kišna šuma, listopadna šuma, mješovita šuma umjerenih širina) prostornog rasporeda. Vegetacija jednostavnog prostornog rasporeda veoma malo utiče na promjenu kvalitativnih i kvantitativnih svojstva zračenja koje stigne i prođe kroz nju, za razliku od onog koje pada i prolazi kroz šumski sklop. Zračenje koje prolazi kroz šumski sklop, koji je karakterističan po spratnoj vegetaciji, mijenja svoj intenzitet i kvalitet od gornjih dijelova krošnje, pa do sloja prizemnih biljaka. Tokom ljeta, u potpuno olistalim šumama umjerenih geografskih širina, do tla dopire svega 2% ukupnog zračenja, a u jesen, u vrijeme padanja lišća do šumskog tla, stigne 50%, pa i više ukupnog zračenja koje u tom periodu stigne na površinu Zemlje. Na distribuciju Sunčevog zračenja duž vegetacijskih spratova utiče i vrsta drveća koje uspijeva u šumi. Tako je Larcher (1995) utvrdio da u mješovitoj bukovo-jelovoј šumi, u vremenu pune biološke aktivnosti, krune drveća apsorbuju 79%, a niži slojevi 9% zračenja (ukupno 88%). Od ovih šuma, istovremeno se reflektuje 10% zračenja. Do šumskog zemljišta, od ukupnog zračenja koje stigne na gornju ivicu šume, dospijeva 2% zračenja. U borovim šumama, krošnje apsorbuju 58% zračenja, prizemne zeljaste biljke 28%, dok vrijednost reflektovanog zračenja iznosi 12%, i kada sve sabremo, i u ovim šumama do tla dospije svega 2% zračenja.

U šumi, najviše direktnog Sunčevog zračenja prime gornje površine krošnji drveća. Mnogo manje stiže direktnog, a znatno više, ili isključivo, difuznog zračenja, u donje spratove i na prizemne biljke. Znatno manje energije prime šumske biljke koje se nalaze u donjim spratovima od biljaka na otvorenom prostoru. Kolike će to biti vrijednosti, zavisiće od sastava vegetacije, upadnog ugla Sunčevih zraka i spektralnih karakteristika listova. Koja će količina zračenja stići u okviru same šumske zajednice, na malom prostoru, zavisiće i od veličine krošnje i rasporeda samog drveća, pokretanja bočnih grana i treperenja lišća. U prorijeđenim dijelovima šume stigne najviše direktnog Sunčevog zračenja.

2.3.2.1. Uticaj svjetlosti na stvaranje organske materije (OTOSINTEZA)

Svjetlosni dio spektra (380 – 710 nm) Sunčevih zraka omogućava biljkama da obavljaju *proces fotosinteze* ili *hlorofilnu asimilaciju*. Bez fotosinteze, život na Zemlji bio bi nezamisliv. Fotosintezom, biljke svjetlosnu energiju Sunca pretvaraju u hemijsku. Na taj način se neorganske materije pod uticajem energije Sunca pretvaraju u organske. Zeleni pigment (hlorofil), koji se nalazi u hloroplastima (mala zelena tjelašca) listova zelenih biljaka, apsorbuje svjetlosnu energiju. Fotosinteza se najvećim dijelom obavlja u listovima biljaka. Kroz stome (sitni otvori), smještene na naličju velike većine biljaka, u biljku dospijeva ugljen-dioksid (CO_2), dok kroz korjenov sistem biljka iz zemljišta crpi vodu, u kojoj se nalaze rastvorene neorganske mineralne materije. Novijim istraživanjima su (primjenom metode obilježenih atoma – izotopi kiseonika) naučnici dokazali da se

energija svjetlosnog dijela spektra Sunčevih zraka troši na razlaganje vode, te kiseonik u atmosferi potiče od vode, a ne od CO₂, po formuli:



Organska materija (glukoza, skrob i dr.) se stvara spajanjem ugljenika sa vodom i neorganskim materijama. Od unutrašnjih (zdravstveno stanje i starost biljke, starost listova, unutrašnja građa lista, količina i raspored hloroplasta, određeni fermenti itd.) i vanjskih (intenzitet svjetlosti, koncentracija ugljen-dioksida u prizemnom sloju atmosfere, temperatura vazduha, vlažnost zemljišta) faktora zavisi intenzitet fotosinteze. Hlorofilna asimilacija - proces fotosinteze se povećava uporedo sa povećanjem, do određene granice, koncentracije CO₂, vlažnosti zemljišta i temperature vazduha.

Bilikama je, za uspješno obavljanje procesa fotosinteze, neophodna i velika količina energije koju dobijaju disimilacijom. *Disimilacija (disanje)* je proces laganog sagorijevanja organskih materija uz prisustvo koseonika. Tim procesom, složena organska jedinjenja se razlažu na prostije, pri čemu se oslobođa u cijelosti ili dio energije sadržane u organskoj materiji. Kada se, zahvaljujući procesu disanja, oslobodi hemijska energija, dolazi do njene transformacije u druge vrste energije, koje služe za rast, razviće, razmnožavanje i dr. Za razliku od procesa fotosinteze, koji je prisutan samo u vidljivom dijelu dana, disimilacija se obavlja i danju i noću. Procesom fotosinteze, stvara se organska materija, a disimilacijom se ona troši. U određenom momentu, dolazi do ravnoteže između stvorene i utrošene energije. Intenzitet zračenja koji omogućava da do ove ravnoteže dođe nazivamo *kompenzacijom tačkom*. Sa povećanjem intenziteta zračenja iznad kompenzacione tačke, povećava se i intenzitet fotosinteze i stvaranje organske materije. Međutim, sa prevelikim intenzitetom zračenja, povećava se i temperatura lista, što može da prouzrokuje raspadanje hlorofila, lišće dobija žutu boju i na kraju ugine. Pri niskom intenzitetu zračenja, biljke ne primaju dovoljno svjetlosti, pa se na račun lišća izdužuje stabljika, korjenov sistem se slabije razvija, a uslijed manjka hlorofila, biljke postaju blijedožute.

Kvalitet plodova različitih biljaka takođe zavisi od intenziteta Sunčevog zračenja. Količina šećera (u grožđu, šećernoj repi, količina skroba u krompiru) i ulja (u sjemenu lana i suncokreta) se povećava sa povećanjem intenziteta Sunčevog zračenja.

U određenom vremenskom rasponu (dan, mjesec, godina), intenzitet i trajanje svjetlosti razlikuju se između susjednih mjesta, kao i onih udaljenih stotine kilometara jednih od drugih. *Ukupno prilagođavanje biljaka na specifične svjetlosne (i radijacione) uslove staništa obuhvata, kako nasledne, evolutivne morfo-fiziološke adaptacije, tako i kratkoročne strukturne i funkcionalne modifikacije na određenu količinu i kvalitet dostupne svjetlosti* (55, 123). Sve biljke nemaju istu potrebu za Sunčevom svjetlošću, te ih, u tom smislu, dijelimo na *heliofite* (neophodan im je veliki intenzitet svjetlosti), *semiskiofite* (potreban im je osrednji intenzitet svjetlosti) i *skiofite* (iskazuju male zahtjeve za svjetlošću –

sjenovite biljke). Ne može se povući oštra granica između ovih biljaka, jer između njih postoji mnoštvo biljaka sa prelaznim osobinama.

Heliofite (biljke svjetlosti, kao što su vrste: *Astragalus tragacantha*, *Onobrychis arenaria*, *Tussilago farfara*, *Sedum acre*, *Sempervivum montanum*, *Inula candida*, *Salvia officinalis* i dr.) vezane su za staništa sa punom dnevnom osvijetljeničću (otvoreni prostori, gdje svjetlost dopire bez ikakve prepreke), kakav je slučaj sa pustinjama, stepama, livadama na manjim nadmorskim visinama i planinskim prostorima i planinskim visoravnima.

Biljke sjenke – *skiofite* - žive na manje-više zasjenjenim prostorima. One uspijevaju u gustim šumama koje se odlikuju oskudnom svjetlošću. Ovim biljkama bi puno dnevno osvjetljenje omelo razvoj. Skiofitama pripadaju većinom zeljaste šumske biljke, u koje ubrajamo: *Majanthemum bifolium*, *Corydalis cava*, *Oxalis acetosella*, *Impatiens noli-tangere*, *Hedera helix*, *Adoxa moschatellina* i dr.

Poluskiofite (najviše im odgovaraju prostori sa punom dnevnom osvijetljeničću, ali nastanjuju i prostore sa određenim stepenom zasjenčenosti) najviše su zastupljene u prizemnim spratovima svijetlih šuma, degradiranim šumama, pored puteva, šumskim proplancima i na osojnim livadama. Njima pripadaju *Geranium pratense*, *Thymus serpillum*, *Lithospermum arvense* i dr.

Za razliku od zeljastih biljaka, kod drveća je teže izvršiti podjelu biljaka prema zahtjevima za svjetlošću. Dok u šumi spoljašnji dijelovi krune (krošnja) drveća mogu biti uvijek osvijetljeni, pogotovo kod odraslog drveća, u isto vrijeme, unutrašnjost krošnje, grane i pupoljci, kao i mladice drveća u prizemnom spratu imaju znatno manje svjetlosti, odnosno dobrim dijelom su osjenčeni. Iz navedenih razloga, pripadnost drveća određenim skupinama biljaka prema potrebama za svjetlošću određujemo na osnovu ekoloških zahtjeva u ranim fazama razvoja, kao i adaptivnih sposobnosti mladica drvenastih biljaka. U umjerenim geografskim širinama, u heliofitne vrste drveća ubrajamo: bor, hrast, brezu, topolu, lipu, a u skiofitne: jelu, bukvu, grab, smrču, dok su semiskiofite - javor i neke vrste hrastova, i dr. (Sl.21).



Sl.21. Obična bukva (*Fagus sylvatica*), tipična skiofita.
Izvor: http://sh.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Grib_skov.jpg

Uzgajajući kulturne biljke, čovjek može svojim aktivnostima da reguliše intenzitet svjetlosti i time da utiče na kvalitet i količinu plodova. U voćarstvu se to postiže tako što se vodi računa o rastojanju između stabala prilikom sadnje i prorjeđivanjem krune voćke. Regulisanje intenziteta svjetlosti u ratarstvu se postiže tako što se vodi računa o gustoći sjetve ili sadnje, kao i o prorjeđivanju, odnosno povećanju rastojanja između biljaka, kao i vodeći računa o pravcu redova u odnosu na strane svijeta.

Izlaganjem izvoru osvjetljenja određenih svojih organa, neke biljke do izvjesne mjere i same regulišu intenzitet svjetlosti. Tako pamuk, suncokret i lucerka svoje cvasti okreću prema Suncu, tako što ih ujutru usmjeravaju prema istoku, a sa odmicanjem dana - prema jugu i zapadu. Sposobnost ili osobina biljaka da mijenjaju položaj organa prema izvoru osvjetljenja naziva se *fototropizam*.

2.3.2.2. Reakcija biljaka na trajanje dužine dana i noći (fotoperiodizam)

Dužina dana i noći u toku kalendarske godine se mijenja, što utiče na prelazak biljaka iz vegetativne u generativnu fazu. Ovaj svojevrsni odgovor biljaka na trajanje dana i noći, odnosno njihovu reakciju na dnevnu osvijetljenost, poznajemo pod imenom *fotoperiodizam*. Kakvo će biti ponašanje biljaka u odnosu na trajanje svjetlosti zavisi od njihove prilagođenosti. Određene biljke prije cvjetaju kod dužeg dana i kraće noći, dok kod drugih to nije slučaj, odnosno prije cvjetaju kada je dan kraći, a noć duža. U odnosu na reakciju biljaka na dužinu dana i noći, odnosno prema fotoperiodskoj reakciji, biljke se dijele na biljke dugog dana, kratkog dana i neutralne biljke (Tabela 3).

Biljke dugog dana (D)	Biljke kratkog dana (K)	Neutralne biljke (N)
Krompir (K)	Soja	Paprika (K)
Ječam	Heljda (N)	Krastavac
Raž	Kukuruz (N)	Celer
Ovas	Suncokret (N)	Paradajz (K)
Šećerna repa	Proso	Kukuruz (K)
Duvan (K, N)	Pamuk	Bob (D)
Kupus	Konoplja	Pasulj (K)
Grašak (N)	Pirinač (ozimi)	Mrkva (D)
Lan	Duvan (D, N)	Duvan (D, K)
Engleska trava	Krompir (D)	Heljda (K)

Tabela 3. Klasifikacija nekih kulturnih biljaka prema fotoperiodskoj reakciji.

Za cvjetanje dugodnevnih biljaka neophodno je da dužina osvijetljenosti, na prostoru gdje one rastu i razvijaju se, iznosi najmanje 12 do 14 sati. Dužina osvijetljenja kod biljaka kratkog dana za njihovo cvjetanje mora da iznosi manje od 12 sati. Cvjetanje neutralnih biljaka ne vezuje se za dužinu dana na njihovom staništu. Porijeklo biljaka dugog dana vezuje se za više geografske širine. Dani u zimskoj polovini godine su kratki i odlikuju se veoma niskim temperaturama vazduha, koje onemogućavaju cvjetanje biljaka. Biljke kratkog dana su porijeklom iz suptropskih i tropskih krajeva. Pošto u suptropskim predjelima, tokom perioda dužih dana, vlada suša, a u tropskim predjelima je kišni period, one ne mogu cvjetati. Čovjek je ukrštanjem, selekcijom i različitim metodama gajenja, stvorio

različite sorte i ekotipove iste biljne vrste, te se ista vrsta iz tih razloga pojavljuje u različitim grupama biljaka koje se svrstavaju u odnosu na periodsku reakciju.

2.3.2.3. Dejstvo Sunčevog zračenja na životinjski svijet i čovjeka

Na uticaje Sunčevog zračenja, *životinjski svijet* reaguje na različite načine. Od negativnog djelovanja svjetlosti, zaštitu organizmima pruža hitinski ili rožni sloj kože, kao i pigment. Za zaštitu od nepovoljnih uticaja svjetlosti, nekim organizmima služe različiti zakloni, tako što se sklanjaju u njih (insekti u pješčanim brežuljcima Finske, od Sunčevog sjaja se štite prodirući dublje u pjesak). Sesilni organizmi mogu da zauzmu određen položaj prema svjetlosnom izvoru (*fototropizam*). Svjetlost kod životinja može da stimuliše lokomotorna kretanja, tako da se životinje mogu kretati bez određenog pravca (*fotokinezija*), ili prema i od izvora svjetlosti (*fototaksija*). Muve i pčele kreću prema, a kišne gliste i stonoge suprotno od svjetlosti.

Smjena dana i noći i godišnjih sezona ima veliki uticaj na aktivnost životinja, pa u tom pogledu razlikujemo *dnevne* (većina ptica i insekata, gušteri, rakovi, tekunica i dr.), *noćne* (glodari, žabe, stonoge, noćne ptice, tvor), *sumračne* (patuljasti som) i *indiferentne ili aritmične* (ne reaguju na promjenu intenziteta svjetlosti – mlade gusjenice, stepski tvor i dr.) *grupe životinja*.

Slično biljkama, i životinje reaguju na promjenu dnevnog osvjetljenja tokom godine (*fotoperiodizam*). Razmnožavanje kičmenjaka, broj snešenih jaja kod ptica (više u periodu sa dužim danima), polno sazrijevanje američke pastrmke (u jesen postaje polno zrela), linjanje i mitarenje, migracije ptica, itd., zavisi od dužine dana.

Na svakodnevni život i opstanak *čovjeka*, Sunčev zračenje ima uticaj direktno, kao i indirektno preko biljaka i životinja. Pokožica apsorbuje 49% ultraljubičastog dijela spektra Sunčevog zračenja. Usljed dužeg izlaganja ljudskog tijela djelovanju ultraljubičastih zraka, može doći do eritema ili crvenila kože. Ukoliko ljudsko tijelo bude prekomjerno izloženo Sunčevim zracima, može doći do formiranja opeketina, povišenja temperature, glavobolje i dr. Stomak, ramena, grudi i leđa su najosjetljiviji dijelovi našeg tijela prema djelovanju ultraljubičastih zraka. Apsorbovanjem zraka, u koži se od provitamina D obrazuju vitamin D₂ i D₃.

Osjećaj topote izaziva kod čovjeka infracrveni dio spektra. Kada se koža zagrije, dolazi do širenja krvnih sudova, odnosno hipermije, kao i do ubrzanja pulsa, a samim time i brzine protoka krvi kroz srce. Rudari, radnici metroa, kao i ljudi nekih drugih profesija, koji nisu dovoljno izloženi dejstvu infracrvenih zraka, preosjetljivi su na prehladu, reumatična oboljenja, infekcije kože, itd.

Djelovanjem vidljivog dijela spektra, javlja se osjećaj boja u ljudskom oku. Ukoliko čovjek duže radi pri vještačkom osvjetljenju, javlja se zamor očiju. Dugotrajan rad pod vještački stvorenom slabom svjetlošću može da dovede do kratkovidosti, a rad pri jakom osvjetljenju izaziva kokošje sljepilo kod čovjeka.

Poremećaji u nervnom sistemu i usporavanja refleksa javljaju se kod osoba koje se duže vrijeme ne izlažu Sunčevoj svjetlosti. Trajanje sunčevog sjaja (*insolacija*) veoma je važno za helioterapiju i u turizmu.

2.3.3. *Toplota kao ekološki i proizvodni činilac*

Osnovu za mnoštvo fizičkih i hemijskih procesa od kojih zavisi cjelokupni život na našoj Planeti predstavlja *Sunčeva energija* koja dospije na površinu Zemlje (*aktivni apsorpcioni sloj – AAS*). Apsorbovani dio ove energije se dijelom gubi radijacijom, dok ostali dio bude iskorišćen na zagrijavanje vazduha, isparavanje vode, formiranje konvektivnih (uzlaznih) vazdušnih strujanja (energija se pretvara u mehanički rad) i zagrijavanje površine Zemlje.

Zapreminska specifična toplota, provodljivost topote i temperature i *dijatermnost* (osobina propuštanja Sunčevih zraka) AAS-a najviše utiču na njegovo zagrijavanje. U zagrijavanju i hlađenju kopna i vodenih površina postoje znatne razlike.

Kopno apsorbuje najveći dio direktnog Sunčevog i difuznog ili nebeskog zračenja. Njegove karakteristike, kao što su pretežna hrapavost i tamna boja, nepromjenljivost agregatnog stanja prilikom zagrijavanja ili hlađenja, čvrsta vezanost čestica kopna za određenu površinu i mala vrijednost specifične topote, su fizičke osobine koje najviše utiču na mogućnost zagrijavanja. Navedene karakteristike utiču da se najveći dio energije, koja sa Sunca stigne na kopno, pretvoriti u toplotu. U tekstu će se, umjesto pojma *kopno*, često upotrebljavati i pojam zemljište, pri čemu se neće misliti na obradivi sloj površinskog dijela litofsere.

Sa površine, toplota se prenosi sa čestice sporo u dubinu. Sve do završetka Sunčevog sjaja traje zagrijavanje, nakon čega dolazi do hlađenja kopna, jer tokom noći toplota se samo izračuje, a kopno ne prima toplotnu energiju. U poroznom zemljištu, provodljivost topote je manja, jer je ispunjeno vazduhom. Kod zemljišta ispunjenog vodom, toplota se provodi do veće dubine tokom dana. U skladu s time, površinski sloj vlažnog zemljišta će u toku dana biti manje zagrijan od suvog zemljišta.

U toku dana, bilježimo najvišu i najnižu temperaturu. Tu razliku između najviše i najniže temperature zemljišta u toku 24 sata nazivamo *dnevnom amplitudom temperature*. Ona je manja na višim geografskim širinama nego u tropskim predjelima. U tropskim predjelima, prisutno je jako zagrijavanje tokom dana i brzo hlađenje tokom noći, pa je i dnevno kolebanje temperature izrazitije. Na višim širinama, snop Sunčevih zraka pada pod većim uglom, prelazi duž put kroz atmosferu, dnevno zagrijavanje je iz tih razloga manje, te je i noćno hlađenje manje u odnosu na niže geografske širine. Kopno se ljeti danju više zagrije, a noću više hlađi, te je i dnevno kolebanje temperature veće nego zimi.

Po fizičkim osobinama, *vodene površine* se razlikuju od kopnenih, što utiče i na njihovo zagrijavanje i hlađenje. Proučavanje zagrijavanja i hlađenja vode je

veoma značajno zbog uloge vode u biosferi kao univerzalnog rastvarača, ali i njene uloge u fiziološkim procesima biljaka, životinja i čovjeka. Za razliku od čestica kopna, čestice vode su manje vezane za određeno mjesto. Voda posjeduje dvostruko veću zapreminsку specifičnu toplotu od kopna, pa se manje zagrije i manje ohladi, kao što se i sporije zagrijava i sporije hladi od kopna. Sunčevi zraci, koji u jutarnjim i predvečernjim satima padnu na površinu vode, imaju manji upadni ugao, te je i refleksija, odnosno albedo, veći tokom jutarnjih i popodnevnih sati.

Slatka i hemijski čista voda je dobrom dijelom i dijatermna, jer propušta zrake do većih dubina. Sunčevi zraci, prolazeći kroz vodu, bivaju apsorbovani u potpunosti dok stignu do većih dubina. Na taj način, gornji sloj vode se više zagrijava. Jedan dio toplote se troši na isparavanje, a drugi se molekularnim prevođenjem prenosi u dubinu. Molekularni prenos toplote je veoma spor, pa će on doprijeti tokom dana do 40 cm, a u toku godine do svega 7 m dubine. Zbog povećanog sadržaja soli, proces zagrijavanja *morske vode* je drugačiji od zagrijavanja slatke vode. Sa zagrijavanjem površinskog sloja slane vode, dolazi do isparavanja vode i koncentracije soli. Voda postaje specifično teža, propada u dubinu i miješa se sa hladnjom iste težine. Na mjesto potonule vode izdiže se nešto hladnija, ali lakša voda. Ona se zagijava, a kasnije propada u dubinu, kao i prethodna. Na ovaj način se stvaraju konvektivne vodene struje, koje utiču na izjednačavanje temperature u jednom sloju morske vode.

Toplota spada u najvažnije faktore spoljašnje sredine koji djeluju na živi svijet. Bez odgovarajuće toplote bi prestali svi životni procesi biljaka i životinja, a samim time bi neminovno nastupilo i uginuće organizama. *Biljkama* je toplota potrebna od kljanja i nicanja do formiranja i sazrijevanja ploda. Intenzitet fotosinteze, disimilacije, transpiracije, apsorpcije hranjivih materija i sl. vezuje se za određene raspone temperature, odnosno *temperaturne kardinalne tačke*: *minimum* (donja granica održanja života), *optimum* (pri ovoj temperaturi fiziološki procesi su najintenzivniji) i *maksimum* (gornja granica temperature pri kojoj se prekidaju životni procesi). Do uginuća biljaka dolazi kada se temperatura snizi ispod minimuma, ili povisi iznad maksimuma.

Kod *životinjskih organizama*, *toplota* je značajna za metabolizam, razmnožavanje, razviće, rast, ponašanje, sezonsku aktivnost, brojnost i rasprostranjenje. Toplota posredno utiče na organizme tako što utiče na druge faktore. Sredina i organizmi u kojoj oni žive neprestano razmjenjuju toplotu, što se odražava na tjelesnu temperaturu živog svijeta. *Poikilotermija* (organizmi koji pripadaju ovom tipu ne posjeduju mehanizam za termoregulaciju) i *homeotermija* (ptice i sisari) su osnovni tipovi razmjene toplote.

Kod poikilotermi, metabolizam se ubrzava sa povećanjem vanjske temperature. Nasuprot njima, metabolički procesi se kod homeotermi ubrzavaju sa opadanjem spoljašnje temperature. Homeotermi imaju intenzivnije metaboličke procese i potrebu za većom količinom hrane. Poikilotermi mogu znatno duže da izdrže bez hrane, odnosno da gladuju. Iz tog razloga, homeotermni organizmi su gotovo nezavisni od promjene spoljašnjih termičkih uslova.

Međutim, ne može se povući oštra granica između poikilotermije i homeotermije. Ako posmatramo homeotermne organizme kroz njihov ontogenetski razvitak (od jajeta do razvijenog organizma), vidjećemo da su oni prvo poikiloterni. Poikilotermija se razlikuje kod različitih homeoternih organizama. Ona kod goluba traje 15 do 16 dana, kod pacova 18 do 30 dana, a kod hrčka 32 do 44 dana.

2.3.4. *Temperatura i njen značaj za živi svijet*

Različiti su načini uticaja temperature na život *biljaka*. Tako, kod iste srednje dnevne temperature, ali različitih dnevno-noćnih odnosa temperature, modifikuje se rast i razviće biljaka. I u sadejstvu sa drugim klimatskim elementima, temperatura utiče na rast biljaka. Niske temperature usporavaju proces fotosinteze, a kada se prijeđe kritična tačka, ovaj proces prestaje. Sa povećanjem temperature, fotosinteza dobija na intenzitetu, ali do određene granice. Biljke mogu da vrše fotosintezu sve do 0°C , ali se kod određenih termofilnih biljaka ona ubrzano smanjuje na 10 do 12°C . Hlorofil se razgrađuje kada temperature dostignu vrijednosti između 45 i 50°C , što dovodi do prestanka fotosinteze. Kombinacija visokih vrijednosti vlažnosti i visoke temperature pogoduje širenju gljivičnih oboljenja. Kod većine biljaka, disimilacija se može odvijati i pri temperaturama nižim od 0°C , ali na temperaturama višim od 50°C prestaje. Od dnevnih i noćnih temperatura vazduha zavisi akumulacija organske materije. Kada su temperature više danju, a niže noću, u tkivu biljaka dolazi do povećanja akumulacije organskih materija.

Potrebe za toplotom se razlikuju kod biljaka. S obzirom na značaj količine toplove koja je biljci potrebna za porast i razviće, sve se biljke dijelimo na: *termofilne* (potrebno im je najviše toplove), *kriofilne ili frigorifilne* (prilagodene nižim temperaturama). U *mezotermne* biljke spadaju one koje se po potrebi za toplotom nalaze između ove dvije grupe. Pojedine vrste se razlikuju od drugih i po donjoj granici temperature koja im omogućuje ulazak u određenu fazu razvića. Ta se granica označava kao *biološki minimum*. Do zastoja u razvoju biljke dođe ako temperatura opadne ispod biološkog minimuma, ali ne i do njenog uginuća. Kod povećanja temperature, vegetacija će se nastaviti. Vrijednosti temperature iznad biološkog minimuma koje omogućuju određenu fazu u razviću biljke nazivamo *aktivnim temperaturama*. Kada od aktivnih temperatura oduzmemo vrijednost biološkog minimuma, добићemo *efektivne temperature*. Za primjer efektivne temperature možemo uzeti temperaturu nicanja kukuruza, koja iznosi 10°C . Ako aktivna temperatura određenog dana iznosi 16°C , tada će efektivna temperatura toga dana iznositi 6°C ($16 - 10 = 6$) (Tabela 4).

Vrsta	Period	Suma efektivnih temperatura vazduha u $^{\circ}\text{C}$
Ozima pšenica	Sjetva - bokorenje	68
	Vlatanje - klasanje	336
	Klasanje - mliječna zrelost	234
	Klasanje - voštana zrelost	499
Ozima raž	Sjetva - bokorenje	53
	Vlatanje - klasanje	186
	Klasanje - cvjetanje	145
	Cvjetanje - mliječna zrelost	229
Jari ovas	Mliječna - voštana zrelost	178
	Vlatanje - metličenje	380
Jari ječam	Metličenje - voštana zrelost	433-468
	Vlatanje - klasanje	336
	Klasanje - voštana zrelost	390-415

Tabela 4. Sume efektivnih temperatura za određene periode razvića strnih žita (63).

Ekstremne temperature (iznad ili ispod vrijednosti efektivnih temperatura) su ograničavajući faktor i u odvijanju životnih procesa kod životinjskih organizama. Smanjivanjem ili povećanjem vrijednosti temperaturu od efektivnih granica, njihovo dejstvo se sve više približava letalnom (smrtonosnom). Smrtonosno ili letalno dejstvo temperature zavisno je i od dužine njihovog trajanja. Zato letalne temperature moramo shvatiti kao jedan širi raspon temperature, pri kojem je moguća smrt organizma. Temperatura djeluje na spoljašnji izgled tijela životinja i na njihove fiziološke osobine, znatno jače od ostalih faktora. Taj je uticaj najvidljiviji na koži, dlaci (vuni), rogovima, papcima i kopitama. Ovaj klimatski faktor utiče i na promet hrane i proizvodnost životinja.

2.3.4.1. Tok životnih procesa i termičko prilagođavanje

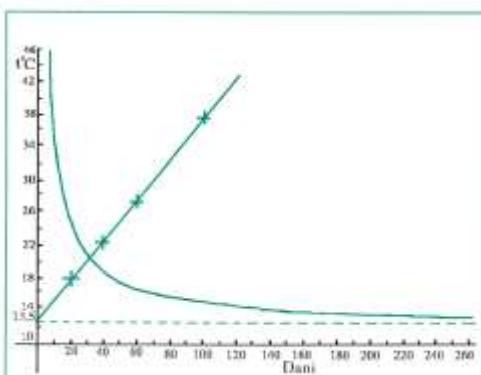
Tok životnih procesa kod organizama najviše je zavistan od temperature. Kada se temperatura povećava unutar zone efektivnih temperatura, kod poikilotermi životni procesi se intenzivnije odvijaju. Najbolji primjer za to su larve kukuruznog moljca (*Pyrausta nubilalis*), kod kojih sa porastom temperature raste i potrošnja kiseonika. Isti je slučaj i sa larvama stržibuba i velikog broja drugih poikilotermi. Kod svih biohemijskih procesa, dejstvo temperature se ne manifestuje na isti način. Prema pravilu Van-Hofa, biohemiski procesi ubrzavaju se dva do tri puta sa povećanjem temperature za 10°C , a to važi samo za određen raspon temperature. Tako rad srca kod *Daphnia pulex* sa porastom temperature sa 5 na 15°C je ubrzan za 2.5 puta, a u rasponu temperature od 25 do 35°C znatno manje – 1.2 puta.

Od toplotnih uslova koji vladaju u staništu u kom su jedinke prethodno boravile, najviše zavisi njihovo *termičko prilagođavanje*, odnosno intenzitet određenih životnih procesa poikilotermnih životinjskih organizama. Kod životinjskih organizama koji su prethodno boravili na nižoj temperaturi, dolazi do povećanja potrošnje kiseonika pri povećanju temperature od drugih koje su ranije boravili na višoj temperaturi, a kasnije došli pod uticaj temperature sa istom vrijednošću kao kod prvih. Termičko fiziološko prilagođavanje odnosi se na brojne životne procese, kao što su: disanje, rad mišića, razdražljivost, otpornost na djelovanje ekstremnih temperatura, i dr. Pošto se organizam koji se prilagodio novim temperaturnim uslovima može ponovo prilagoditi prethodnim, termičku aklimatizaciju shvatamo kao povratan proces. Ali, to se ne odnosi na rast i razviće kod kojih se ovaj pojam ne može izjednačiti sa pojmom termičke adaptacije. On se vezuje za istorijski nastalu nasljednu prilagođenost novoj termičkoj sredini.

2.3.4.2. Dejstvo temperature na ishranu, razmnožavanje i razviće

Kada se temperature vrijednosti približavaju optimalnim vrijednostima, kod životinja intenzitet *ishrane* je veći (Sl.22). Tako odrasla krompirova zlatica pri vrijednosti temperature od 16°C dnevno pojede 259 mm^2 lista, na temperaturi od 21°C pojede 422 mm^2 lista, a kod temperature čija je vrijednost 25°C pojede 800 mm^2 lista. Imago repine pipe za jedan dan na temperaturi od 10.3°C pojede 4 mm^2 lista šećerne repe, pri 20.4°C pojede 34 mm^2 , dok na temperaturi od 32.2°C uništi 142 mm^2 lista. Na intenzitet ishrane kod obične i crne repine pipe, direktni uticaj vrši temperatura zemljišta. Kada su vrijednosti temperature zemljišta od 20 do 23°C , one izlaze na površinu. Najveći intenzitet aktivnosti im je na 30°C . Domaće životinje slabije koriste hranu na visokim temperaturama.

Temperature sredine utiču na pojedine stadijume *razvića* kod organizma. Na višim temperaturama, poikilotermni organizmi se brže razvijaju, ali je njihovo dejstvo temperature različito na pojedinim stadijumima razvića jedinke. Razviće se može odvijati u granicama efektivnih temperatura. Donja granica efektivnih temperatura može označiti početak razvića, ali se na njoj može i da završi razviće, te je ona označena i kao *temperatura praga razvića*. Poznato je da se organizam može održavati u životu i na nižim temperaturama, pa se temperatura praga razvića i donja letalna granica ne poklapaju (Tabela 5 i 6).



Sl.22. Hiperbola razvića voćne mušice (*Ceratitis capitata*) na različitim temperaturama, po Bodenhajmeru (14, 26).

Trajanje razvića na različitim temperaturama možemo prikazati pomoću krivulje, ali i pomoću sljedeće formule:

$$D(T - t_o) = C, \text{ gdje je:}$$

D = ukupno trajanje razvića

T = temperatura na kojoj se odvija razviće

t_o = temperatura praga razvića i

C = konstanta

Temperatura i pokazatelji	Dužina trajanja u danima			
	Jaje	Gusjenica	Lutka	Imago
18.1 – 19.9	11	22.2	20.6	22.2
21.7 – 23.6	6.1	16.3	13.6	17.9
27.2	4.2	12.4	10.5	13.1
32	3.2	10.1	7.8	10.1
36.0 – 37.9	2.8	9.1	6.2	8.4
Donja granica razvića u °C	13.1	6.1	12.7	6.8
Termalna konstanta u °C	58.1	261.6	151.5	154.5

Tabela 5. Uticaj različitih temperatura na trajanje dužine razvića pojedinih stadijuma repinog moljca (*Scrobipalpa ocellatella*) sa podacima donje granice razvića i termalne konstante (14, 26).

Koristeći gornju formulu, možemo zaključiti da termalna konstanta (C) predstavlja proizvod trajanja razvića i efektivne temperature. Kod voćne mušice (*Ceratitis capitata*), termalna konstanta razvića je 250. Za sve vrste, vrijednost termalne konstante nije ista, odnosno pojedine vrste imaju specifičnu termalnu konstantu. Termalne prilike u okruženju utiču na broj izvedenih generacija. Jedna ista vrsta koja živi u toplijim predjelima može imati i više generacija u odnosu na onu koja živi u hladnjim predjelima. Leptir sovica gama (*Plusia gamma*) u sjevernim predjelima izvede jednu, a u južnim dvije do tri generacije. Na ostrvu Javi, za polno sazrijevanje šarana potrebna je jedna godina, a u Njemačkoj - tri godine.

Raspon temperatura između 8 i 31°C je pogodan za razviće kupusne sovice (*Barathra brassicae*), s tim da je optimum temperature za razviće između 20 i 24.5 °C. Razviće, zajedno sa pronimfom, traje 62 dana pri temperaturi od 14°C, 30 dana kod temperature od 20°C, a 22 dana na temperaturi od 25°C (Dusaussay, 1964). Kod uzrasnih stadijuma gusjenice kupusne sovice, najduže trajanje ima prvi i šesti (zadnji) uzrasni stadijum. Starije jedinke posjeduju najširu temperaturnu valencu. Ljeti dužina života gusjenica traje 25 do 35 dana.

Razmnožavanje je, takođe, veoma zavisno od temperature, pogotovo kod poikilotermi. Od određene količine toplove zavisi sazrijevanje polnih produkata. Tako sazrijevanje gonada domaće muve na temperaturi od 20°C iznosi 20 dana, a njegovo sazrijevanje višestruko se smanjuje na temperaturi od 30.6°C i traje 4 dana. Kod riba, polna zrelost je u direktnoj zavisnosti od temperature vodene

sredine. Ženka jegulje na području rijeke Po, u sjevernoj Italiji, polno sazrijeva od 5 do 7 godina, a na ušću Elbe i u Danskoj joj treba 8 do 9 godina. Za polnu zrelost crvenperki u vodama Srednje Evrope je potrebno 3 godine života, dok im je u hladnijim vodama Finske za to potrebno 5 do 6 godina.

Potencijalna plodnost (*fekunditet*) insekata, nezavisno od drugih faktora, takođe zavisi od temperature. Ženke rižinog (pirinčanog) žiška (*Calandra oryzae*) i kukuruznog plamenca (*Ostrinia nubilalis*) proizvedu najveći broj jaja na temperaturi od 26 do 29°C. Ženka čovječije vaši (*Pediculus humanus corporis*) ne produkuje jaja kada temperatura padne ispod 25°C.

Za ženku pasuljevog žiška (*Acanthoscelides obtectus*) kararakteristično je prosječan fekunditet pri temperaturi od 29°C iznosi 80 ovula, a kod temperature od 20°C iznosi 40 ovula. Broj položenih jaja (fertilitet) na 20°C je 36, a na 29°C je 84. Kritičnu donju granicu za funkcionalisanje jajnika predstavlja temperatura od 22°C. Na temperaturama od 28 do 30°C dolazi do izjednačavanja fekunditeta i fertiliteta.

Srednja dnevna temperatura u °C	Pojedena količina lista repe u mm ² za 24 ^h po insektu		Količina položenih jaja 10 ženki u periodu od 28. IV do 21. VII	
	P. maxillosum	B. punctiventris	P. maxillosum	B. punctiventris
	6.5	0	7	0
2.9	7.4	1.1	90	0
6.2	18.0	7.6	95	0
10.5	19.9	22.2	115	130
18.1	22.3	28.0	188	268
20.6	22.5	28.0	209	296
23.1	28.4	46.5	312	816
26.9	28.4	46.5	312	816

Tabela 6. Uticaj različitih temperatura na intenzitet ishrane i polaganje jaja imaga crne repine pipe (*Psallidium maxillosum*) i obične repine pipe (*Bothynoderes punctiventris*), po Bogdanovu (14, 25).

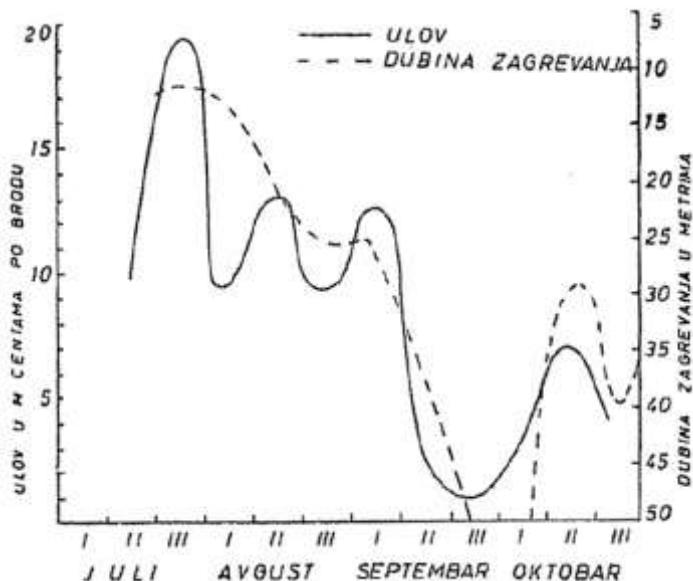
2.3.4.3. Uticaj temperature na ponašanje organizama

Kod poikilotermnih organizama, temperatura i ponašanje su u uskoj vezi. Domaća muva ima sasvim slabu aktivnost na 10.9°C. Sa porastom temperature, njena pokretljivost se ubrzano povećava, tako da se na 27.9°C kreće veoma brzo, a na 40.1°C postaje veoma razdražena. Slično ponašanje u vezi povećanja temperature postoji i kod drugih insekata, s tim da je raspon u intenzitetu aktivnosti različit.

Poikiloterme reaguju i na dnevne i sezonske amplitude temperature. Pustinjski skakavac (*Schistocercagregaria*) noću miruje, a kada Sunce izade i temperatura se podigne između 20 i 26°C, skakavci se okupljaju i već na temperaturi od 27°C dolazi do masovnog kretanja ka drugim prostorima. Kod temperature tla od 40°C, oni svoje putovanje zaustavljaju. Mravi *Messor semirufus* na prostoru Palestine u proljeće su aktivni predveče, ljeti cijele noći, u jesen tokom prve polovine noći, a tokom zime u podnevnim časovima.

U sredinama koje se odlikuju promjenama temperature, životinjski organizmi rješenje traže premeštanjem u dijelove sa povolnjom temperaturom. Buba pješčara (*Cicindela*), pčele (*Halictus*), ose (*Ammophila*), i larve mravolovca (*Myrmeleon*) koje žive u pješčanim i stepskim terenima prebacuju se u dijelove prostora sa temperaturom oko 44°C. Dijelovi tijela sa temperaturom između 24 i 32°C najviše odgovaraju čovječijoj vaši.

Termotaksisi traže mesta sa najpovoljnijim temperaturama u spoljašnjoj sredini. Na taj način, sa promjenom mjesta, stvara se termička ravnoteža između organizama i sredine. U tom smislu, kod životinja dolazi do ritmičkih promjena u ponašanju, ali se mogu preduzimati i dnevne i sezonske, veće ili manje migracije. Kraj istočnih Tihookeanskih obala Rusije, sardina (*Sardinops melanosticta*), tražeći optimalne temperature, vrši sezonske migracije. Skuplja se u jata kada se temperatura mora zagrije iznad 8 do 10°C. Kada temperatura vode prijeđe iznad optimalne temperature, od 15 do 20°C, dolazi do pomjeranja riba u dubinu i dijelove okeana sa hladnjom vodom. Zato je i uspjeh ulova tihookenske sardine zavistan od visine zagrijavanja mora (Sl.23).



Sl.23. Zavisnost ulova Tihookeanske sardine (*Sardinops melanosticta*) od dubine zagrijavanja mora. Po Kaganovskom (66, 63).

2.3.5. *Vazdušni pritisak*

Vazduh se počinje kretati kada se između određenih područja postigne razlika u vazdušnom pritisku (atmosferskom pritisku). Pod **vazdušnim pritiskom** podrazumijevamo težinu vazdušnog stuba presjeka 1 cm^2 , mjereno od površine Zemlje do gornje granice atmosfere. U horizontalnom pravcu, pri mirnoj atmosferi, pritisak se ne mijenja. Vazdušni pritisak opada sa povećanjem nadmorske visine, jer se skraćuje dužina vazdušnog stuba i opada gustina vazduha. Bliže podlozi, veća je gustina vazduha zbog sile Zemljine teže, koja svojom gravitacijom vazdušne čestice veće težine privlači bliže površini Zemlje.

Vrlo precizne podatke o vrijednostima vazdušnog pritiska dobijamo mjerenjem vazdušnog pritiska na meteorološkim stanicama širom planete Zemlje, na različitim geografskim širinama i nadmorskim visinama. Spajanjem tačaka sa istim vazdušnim pritiskom iznad neke teritorije, pa i Zemlje u cjelini, pomoću *izobara* (linije koje spajaju tačke sa istim vazdušnim pritiskom), dobićemo *izobarske karte*. Pomoću ovih karata, došlo se do saznanja o zonalnoj rasprostranjenosti vazdušnog pritiska, odnosno rasporedu pritiska po sljedećim zonama ili oblastima:

- A) *Oblast ekvatora* je karakteristična po jakom zagrijavanju i formiranju uzlaznih vazdušnih struja. Pošto je zagrijani vazduh lakši, odlazi u visinu. Zbog toga se javlja njegov manjak u prizemnim slojevima atmosfere, koji prouzrokuje nizak pritisak. Usljed stalnog dotoka vazduha u više slojeve troposfere, ovdje se stvara viši pritisak.
- B) *U suptropskoj oblasti*, na prostoru između 30 i 40 stepeni na sjevernoj i južnoj polulopti, se stvara stalna zona povišenog vazdušnog pritiska.
- C) *Subpolarni pojas*, između 60. i 70. stepena sjeverne i južne geografske širine, se karakteriše po niskom vazdušnom pritisku tokom cijele godine.
- D) *Polarni pojas* (Arktik, Antarktik i okolni prostori) tokom cijele godine ima viši vazdušni pritisak od normalne vrijednosti.

Pored ove zonalne podjele preovlađujućeg pritiska, u okviru zona ili van njih, na površini Zemlje postoje i prostori sa stalno ili povremeno niskim pritiskom (*depresije*), kao i visokim pritiskom (*anticikloni*). Oblasti depresija i anticiklona su poznate i pod nazivom **aktivni centri atmosfere**. Od njih u velikoj mjeri zavisi formiranje vremena na prostranim okeanskim i kopnenim prostorima.

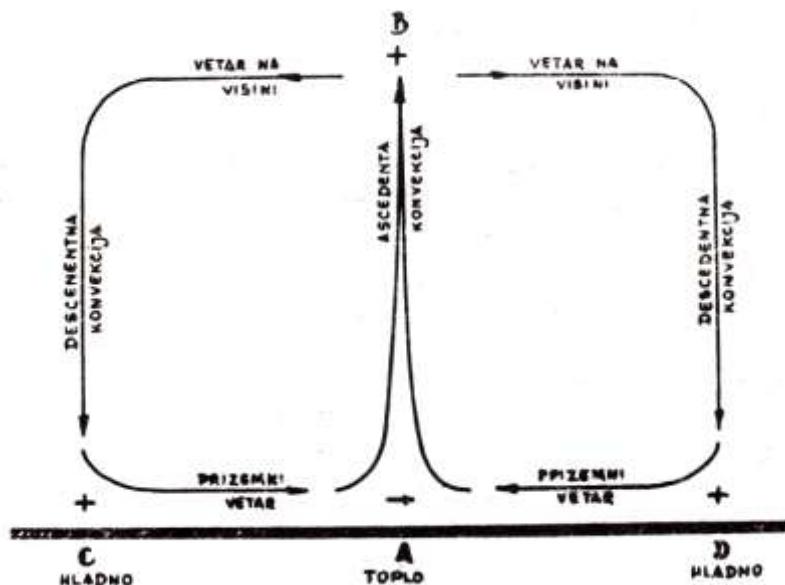
U ekoklimatologiji, promjene vazdušnog pritiska imaju relativno mali značaj. Kod povećanja vazdušnog pritiska, neznatno se smanjuje evapotranspiracija sa listova i četina biljaka, ali i disanje zemljишta. Sa porastom nadmorske visine, pravilno opada gustina vazduha i vazdušni pritisak. Ova pravilnost je iskorišćena za mjerenje relativne nadmorske visine (između niže i više tačke u prostoru) uz pomoć *aneroida* (metalni barometar).

Oslabljeni ljudski organizam teško podnosi kolebanja vazdušnog pritiska. Negativni uticaji kolebanja najviše dolaze do izražaja pri prolasku *vazdušnih*

frontova (prelazni pojas pri zemlji, a na dodiru vazdušnih masa različitih osobina). Pri visokom vazdušnom pritisku može da dođe do usporavanja disajnih pokreta i dubljeg disanja. Epidemije gripa se javljaju u jesen i zimi, kada se visok vazdušni pritisak duže zadržava i kada je povećan broj dana sa gustim maglama. Naglo opadanje vazdušnog pritiska za oboljele od krvnih sudova i srca može da ima teške posljedice. Pri tome, jedni bolesnici imaju jaku glavobolju, a drugi mogu da osjećaju nedostatak vazduha, gušenje i slabost.

2.3.6. Vazdušna strujanja

Kada se u dva susjedna prostora vazduh nejednako zagrije, stvara se razlika u gustini vazduha u ovim dijelovima. Toplji vazduh je rjeđi i laki, a hladniji gušći i teži od toplijeg vazduha. Razlike se stvaraju sa povećanjem geografske širine i nadmorske visine, a u vezi sa zagrijavanjem podloge i od nje vazduha. Sa povećanjem razlika temperature, povećavaju se i razlike u vazdušnom pritisku, te i sama brzina kretanja vazduha. Hladniji bi se vazduh trebao kretati, odnosno kliziti, iz viših širina prema ekvatoru, a toplji iz tropskih širina prema polovima. Faktori kao što su reljef Zemlje, nejednak raspored kopna i mora, rotacija Zemlje i drugi, onemogućavaju ovako jednostavno ponašanje vazdušnih masa u prirodi (Sl. 24).



Sl.24. Šema kretanja zagrijanog i ohlađenog vazduha (30, 139).

Vazduh se kreće u u vertikalnom i horizontalnom smjeru. Toplji, kao laki, izdiže se u visinu. Zbog toga u prizemnom sloju dolazi do manjka vazduha i opadanja pritiska i stvaranja područja niskog pritiska (*ciklon*, ima oznaku -). Izdignuti vazduh se nagomilava na visini, što utiče na formiranje manjeg pojasa visokog vazdušnog pritiska (*anticiklon*, koga označavamo sa +). U visinama, ohlađeni vazduh se širi na sve strane i spušta u prizemlje, prema zoni sniženog

pritiska. Tako nastaju vertikalna strujanja (*konvekcija*), koja mogu biti uzlazna (*ascedentna*) iznad toplog, i silazna (*descendentna*) iznad hladnog područja. Horizontalno (*advektivno*) kretanje na površini nazivamo *prizemni*, a na visini - *visinski vjetar*. Ovo kretanje vazduha smo objasnili za manji prostor, ali nešto slično se dešava i između mnogo većih zagrijanih i ohlađenih prostora na Zemlji. Kosa i turbulentna kretanja vazduha takođe se dešavaju u atmosferi, ali ona predstavljaju modifikaciju njegovog pretežno vertikalnog i horizontalnog kretanja.

Razlike u vazdušnom pritisku iznad određenih prostora izazivaju kretanje vazduha koje nazivamo *vjetar*. Tako dolazi do kretanja vazduha iz prostora sa višim pritiskom ka prostoru gdje je taj pritisak niži. Prema značaju koji ima, vjetar uvrštavamo u sam vrh klimatskih elemenata, te se u nekim slučajevima razmatra i kao faktor od koga zavisi formiranje klime. Krećući se, vjetar prenosi i karakteristike klime oblasti odakle su pokrenute vazdušne struje. U zavisnosti od geografske širine, promjena pravca vjetra izaziva manje ili veće promjene odlika drugih klimatskih elemenata. Pravac vjetra se uvijek označava prema strani svijeta iz koje vazduh struji.

2.3.6.1. Vjetrovi

Kao što je rečeno, nastanak vjetra je usko vezan sa zagrijanošću susjednih prostora i različitom gustinom vazduha, a samim time - formiranjem višeg i nižeg vazdušnog pritiska. Najjednostavnije ćemo objasniti postanak vjetra ako razmotrimo toplotni odnos kopna i mora i u vezi s tim formiranje nižeg i višeg vazdušnog pritiska i, kao rezultat toga, kretanje vazduha.

Kopno posjeduje manji toplotni kapacitet i, u skladu s time, brže se zagrijava i hlađi od vodenih prostranstava. Sa izlaženjem Sunca, kopno se brže zagrijava od mora, a kako se vazduh zagrijava od podloge, morski vazduh ima manje temperaturne vrijednosti. Iznad kopna, rjeđi i lakši vazduh se diže u vis, gdje dolazi do njegovog nagomilavanja i hlađenja, a zatim spuštanja prema moru. Iznad mora, kao hladniji i teži, vazduh se kreće prema kopnu, odnosno iz prostora sa višim pritiskom, prema prostoru sa nižim pritiskom. Tako se tokom dana formira i vjetar, koji je poznat po imenu *danik*.

Noću se iznad kopna vazduh ohladi, pa je i atmosferski pritisak viši. Sada je vazduh iznad mora topliji, jer je i voda toplija od kopna. Samim time, i vazdušni pritisak niži iznad mora je viši. Kao teži, vazduh iznad kopna se kreće prema moru. Tako nastaje vjetar suprotnog pravca, koji duva tokom noći i poznat je po imenu *noćnik*.

Slične razlike postoje i između jezera i okoline koja ih okružuje, između vodenih tokova i većih dijelova njihovih riječnih dolina (izuzimamo riječno korito, odnosno žlijeb kojim protiče voda), između šuma i prostranih oraničnih ili travnih površina, kao i prostranih površina Zemlje na različitim geografskim širinama (više i niže geografske širine), ali i zimske i ljetnje polovine godine. Usljed nejednakog atmosferskog pritiska, između viših i nižih širina, dolazi do razmjena vazduha i

formiranja *planetarnih* vjetrova, a između manjih prostora lokalnih vjetrova, te iznad prostranih kopnenih i morskih površina do *periodičnih* vjetrova.

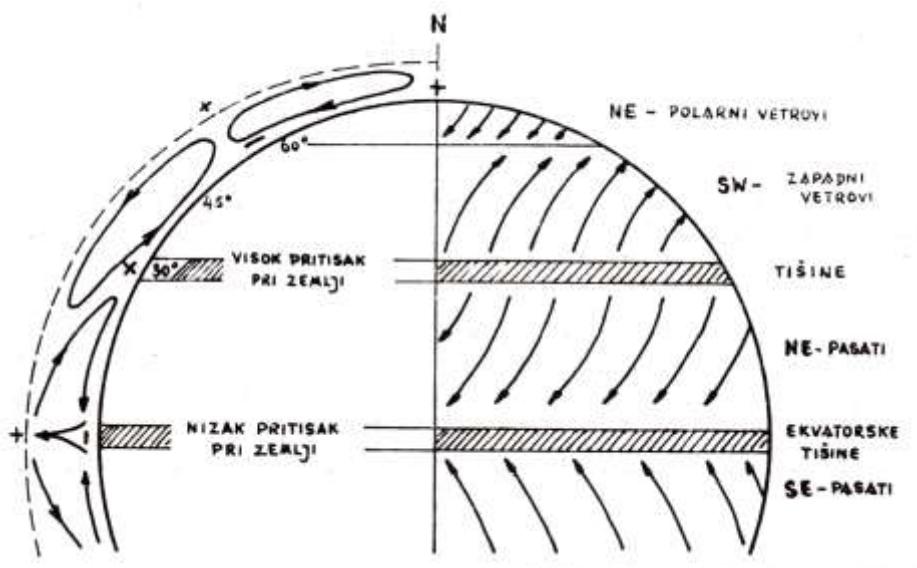
Pokrenuti vazduh, krećući se se kopnom, nailazi na *prepreke* kao što su planina, brdo, šuma, različite građevine. On se tada uzdiže, prelazi, ili zaobilazi prepreke. Nailazeći na prepreke kao što je planina, vazduh se prvo uzdiže na navjetrinskoj strani, hlađi se i na tom dijelu planine dolazi do povećanja oblačnosti i padavina. Vazduh prebacuje preko prepreka, a ispred i iza njih stvaraju se vrtložasta kretanja.

Često se dešava da i šuma postane prepreka slobodnom kretanju vazduha. Kada se preko šume vazduh nabija u šumi, nagomilava se (naročito kada je vazduh hladan, a šuma gusta i sastavljena od žbunja). Usljed toga, dolazi do ascedentnog i vrtložastog strujanja vazduha. Zbog velikog utroška kinetičke energije na trenje, brzina vjetra se smanjuje sa njegovim prelaskom preko šume. Takva karakteristika šume iskorišćena je za podizanje vjetrozaštitnih pojaseva, koji štite poljoprivredna imanja od vjetra.

2.3.6.2. *Opšta cirkulacija vazdušnih struja u atmosferi*

Između prostranih kopnenih i morskih površina, viših i nižih širina, kao i viših i nižih dijelova troposfere i jednim manjim dijelom stratosfere, odvija se velika razmjena vazdušnih masa. Nejednaka geografska raspodjela vazdušnog pritiska glavni je razlog *opšte cirkulacije atmosfere*. U najvažnije faktore koji utiču na opštu cirkulaciju atmosfere spadaju: oblik Zemlje (zbog loptastog oblika Zemlje, prisutno je nejednako njeno zagrijavanje), Zemljina rotacija (prouzrokuje skretanje vazduha iz početnog pravca), Zemljina revolucija (tokom godine uslovjava promjenu intenziteta zagrijavanja pojedinih dijelova Zemljine površine) i raspored kopna i mora (nejednako zagrijavanje zbog različitog toplotnog kapaciteta vodenih površina i kopna).

Zbog loptastog oblika Zemljine površine, najviše se zagrijavaju prostori oko ekvatora. Kao lakši, zagrijani vazduh se uzdiže uvis i tu se nagomilava. Međutim, to ne može trajati beskonačno. Usljed izdizanja na ekvatorskim prostorima vazduha u visine, ovdje su vjetrovi nepoznanica. Zato ovu oblast i nazivamo *pojasom ekvatorskih tišina*. Nakupljeni vazduh se na većim visinama hlađi, pa je veći i vazdušni pritisak od onog na površini same zemlje. Odatle se on kreće prema sjeveru i jugu i spušta u suptropskim predjelima. Zbog silaznog strujanja i visokog vazdušnog pritiska, ni ovdje nema horizontalnog kretanja vazduha. Ova oblast je označena kao *suptropske tišine* (između 25° i 35° g.š.). Iz suptropskih širina, vazduh u prizemnom sloju odlazi ka ekvatorskim širinama, gdje je niži vazdušni pritisak. U ekvatorskim širinama se vazdušne mase ponovo zagrijavaju, izdižu u visine i odlaze prema suptropskim oblastima. Tako se, u okviru opšte cirkulacije atmosfere, zatvara po *jedan krug* na sjevernoj i južnoj polulopti. U tropskim širinama nastaju dva stalna vjetra, *pasati*, koji duvaju u prizemnom sloju iz suptropskih ka ekvatorskim širinama, i *antipasati*, kojima se vazdušne mase kreću u visinskom sloju od ekvatorskih ka suptropskim širinama (Sl. 25).



Sl.25. Globalni sistem vjetrova (30,142).

Iz oblasti subtropskog *anticiklona* (subtropske širine), dio mase vazduha prispjele od antipasata iz ekvatorskih širina kreće prema subpolarnim prostorima, gdje oko 60. stepena sjeverne i južne geografske širine vlada nizak vazdušni pritisak. Topli prizemni subtropski vazduh ovdje dolazi u dodir sa hladnjim polarnim vazduhom, izdiže se u visinu i kao rezultat toga dolazi do smanjenja vrijednosti vazdušnog pritiska u nižim, i stvaranja povišenog pritiska u višim slojevima atmosfere. Iz subpolarnih predjela, vazduh odlazi prema subtropskim krajevima, gdje se sudara sa antipasatima. Iz subtropskih krajeva, vazduh jednim dijelom struji prema ekvatorskim širinama, a drugim prema *subpolarnoj ciklonskoj oblasti*. Na taj način se zatvara i *drugi krug* kruženja vazduha u opštoj cirkulaciji atmosfere. Krećući se prema sjeveru i jugu, vazduh iz subtropske širine mijenja smjer zbog okretanja Zemlje oko svoje ose (rotacija), pa ovi vjetrovi u višim širinama umjerenog pojasa dolaze iz pravca zapada, te ih nazivamo *zapadnim vjetrovima*.

Prema polovima iz nižih geografskih širina, u višim slojevima atmosfere kreću se vazdušne mase prema polarnim oblastima. U blizini polova, uslijed konvergencije prostora, nagomilani vazduh se spušta u prizemne slojeve, što izaziva formiranje polja visokog vazdušnog pritiska. Odavde se vazduh kreće u prizemnom sloju atmosfere prema nižim širinama. S obzirom da vjetrovi u subpolarni širine dolaze gotovo iz pravca istoka, nazivamo ih *istočnim vjetrovima*. Iz subpolarnih širina, vazdušne mase se ponovo izdižu i kreću prema polarnim oblastima. Tako smo dobili i treći krug, ili *kolo opšte cirkulacije atmosfere*.

Opšta cirkulacija atmosfere i sa stalnim vjetrovima u njoj, koja je prethodno objašnjena, nailazi sve više na otpor kod naučnika. Danas sve više preovlađuje mišljenje da na kopnu ekvatorski pojaz širina ne postoji, već samo iznad okeana. I ovdje ekvatorski pojaz nije jedinstven, jer se sastoji iz razdvojenih cjelina. Velike

cjeline se izdvajaju u Indijskom i zapadnoj polovini Tihog okeana (približna dužina 16 000 km), a znatno manje cjeline vezane su za zapadnu polovinu Gvinejskog zaliva, kao i ekvatorski pojas na zapadu Južne Amerike.

Za živi svijet, vjetar, odnosno pretežno horizontalno kretanje vazduha, ima kako *pozitivno*, tako i *štetno dejstvo*. Vjetar prenosi polen s jedne na drugu biljku i tako omogućava opršivanje *anemofilnih biljaka*, odnosno biljaka kod kojih se opršivanje vrši posredstvom vjetra. Kretanje vjetra pri brzini od 2 – 3 m/s najpovoljnije je za opršivanje biljaka. Ako slab vjetar prenosi dodatne količine vodene pare, on tada povećava kondenzaciju rose na biljkama, dok se pri jakom vjetru ovaj proces ne može vršiti. Osim toga, kada vjetar vrši jak pritisak na biljke, on im nanosi štetu. Pojačavajući isparavanje zemljišta, vjetar posredno nanosi štetu biljkama. Kada vjetar dostigne olujne jačine, u stanju je da izvali ili prelomi stabla drveća.

2.3.6.3. *Pasati*

Pasati su vjetrovi koji duvaju u prizemnom sloju vazduha, 500 do 2000 m iznad tla. Vazduh se kreće od oko 30° na sjevernoj i južnoj polulopti prema ekvatoru. To su *istočni vjetrovi*, koji polaze iz istočnih polovina subtropskih anticiklona. Najizrazitiji su u istočnim dijelovima okeana. Pasati su u zapadnim dijelovima okeana manje postojani od onih u istočnim. Iznad pasata duva istočni vjetar, čija moćnost iznad okeana iznosi i do 10 km visine. On je poznat pod imenom *prapasat*. Prema oblasti subtropskih anticiklona, njegova moćnost se smanjuje u obliku kline. Iznad subtropskih anticiklona duvaju zapadni vjetrovi, koji su, u stvari, s obzirom da duvaju u suprotnom smjeru, *antipasati*. Kako smo vidjeli, antipasati nisu zastupljeni u onom smislu kako se ranije smatralo.

2.3.6.4. *Periodični vjetrovi*

Pored stalnih vjetrova (pasati, antipasati, zapadni vjetrovi i polarni vjetrovi), postoje i periodični vjetrovi, kod kojih vazduh struji u nekom vremenskom periodu u jednom smjeru, a u drugom vremenskom periodu u drugom smjeru, te se karakterišu *dnevnim* ili *godišnjim periodom pojavljivanja*.

Vjetar s mora, s kopna, dolinski i gorski vjetar, spadaju u vjetrove s *dnevnim periodom*. Vjetar s mora i dolinski vjetar duvaju danju i nazivamo ih *danik*, a s kopna na more i s planine u dolinu noću, pa ih nazivamo *noćnik*. Način formiranja i smjerovi ovih vjetrova su ranije objašnjeni, pa se nećemo na tome zadržavati.

Termičke razlike koje se pojavljaju iznad oblasti u zimskoj i ljetnjoj polovini godine uslovjavaju nastanak vjetrova s *godišnjim periodom*. Poznati su pod imenom *monsuni*. Monsuni nastaju na dodiru velikih kopnenih i vodenih površina. Zimi duvaju sa ohlađenog kopna prema toplijim morskim površinama, a ljeti sa hladnijeg mora na kopno.

U određenim oblastima Zemlje, duvaju lokalni vjetrovi. Ovi vjetrovi se kreću približno istom brzinom i u istom pravcu i uvijek nastaju u istim vremenskim

stanjima. Od lokalnih vjetrova, na prostoru zapadnog Balkana izdvajamo: košavu, buru, vardarac, široko i fen. Pošto duvaju na udare ili mahove, odnosno brzina im se u jednom trenutku može da poveća u znatnoj mjeri, a u drugom na isti način smanji, istovremeno spadaju i u grupu slapovitih vjetrova. Najpoznatiji vjetrovi lokalnog karaktera u svijetu su: *činuk, blizard, norder, pampero, bahamos* i drugi.

Bura je vjetar koji duva cijelom dužinom obale Jadranskog mora. Udari ovog jakog i slapovitog vjetra su najizrazitiji u primorju ispod prevoja kod Zrmanje, Klisa, Senja, Rijeke i Trsta. Na tim dijelovima Jadranske obale, zabilježene su i njene brzine od 50 m/sec, ili 180 km na sat. *Bura*, kada dostigne ove brzine, može da prevrne željezničke vagone i kamione, a pomorski saobraćaj u Riječkom zalivu i Podgorskem kanalu biva prekinut.

U sjeveroistočnim dijelovima Srbije duva *košava*, koja, takođe, spada u grupu slapovitih i jakih vjetrova. Ovaj vjetar se duva u zimskoj polovini godine, kada se iznad Ukrajine formira visok atmosferski pritisak, a nizak iznad zapadnog Sredozemlja. Duvajući kroz Đerdapsku klisuru, dostiže najveću brzinu, i do 100 km/h.

Sa Šar-planine i Skopske Crne Gore, dolinom Vardara, u pravcu Egejskog mora, *duva slapovit vardarac*. Vardarac nastaje kada se iznad središnjih predjela Balkanskog poluostrva formira visok, a iznad Egejskog mora - nizak vazdušni pritisak. Može da dostigne brzinu do 15 km/h.

Jugo dolazi iz Afrike, kao suv i topao vjetar, koji duva uzduž Jadrana. Prelazeći preko Sredozemnog mora, nakupi se vlage. Zbog planinskog reljefa u zaleđu, on se na jadranskoj obali izdiže uvis, hlađi se i tada dolazi do formiranja oblaka i padavina.

Fen je planinski vjetar karakterističan za sjeverne predplaninske predjеле Alpa. Pored toga, javlja se i u južnim dijelovima, a nije rijedak ni u Dinaridima. To je jak, slapovit i suv vjetar, koji se obrazuje kada je na jednoj planinskoj strani nizak, a na drugoj visok vazdušni pritisak. Kod ovog vjetra, vazduh je suv i topao, zbog adijabatskog zagrijavanja prilikom spuštanja niz planinske vijence u duboke riječne doline.

2.3.6.5. Ekološki značaj vjetra

Vjetar ima veliki ekološki značaj na globalnom i lokalnom nivou. Miješanje vazdušnih masa na relaciji tropski predjeli – polovi, morske površine – kopno, kao i niži – viši dijelovi atmosfere, omogućuju stalni globalni vjetrovi koji nastaju uslijed neprekidnog strujanja atmosferskog vazduha. Globalna razmjena vazduha omogućava, pored ostalog, kruženje vode u prirodi, bez koga život, u obliku kakvog poznajemo, ne bi bio moguć. Posredni ekološki značaj vjetra ogleda se u njegovom uticaju na veći dio drugih ekoloških faktora. Vjetar utiče na temperaturu vazduha, isparavanje vode i eroziju zemljista, Sunčevu zračenje i svjetlost (pošto utiče na pravac i brzinu kretanja oblaka i pojavu oblačnosti). Njegovo dejstvo na biljni svijet može biti *direktno i indirektno*, tako što utiče na promjenu drugih abiotičkih i biotičkih uslova spoljašnje sredine. Svojim djelovanjem na biljku,

vjetar utiče na njen rast i životnu formu, razmnožavanje i rasprostiranje, ali i doprinosi formiraju specifičnih vegetacijskih cjelina na prostorima gdje djeluje kao jedan od dominirajućih faktora.

Kretanje vazduha (vjetar) kod biljaka može da prouzrokuje negativne (štetno dejstvo) i pozitivne (korisno dejstvo) posljedice. *Negativno dejstvo* se ogleda u: štetnom mehaničkom dejstvu, zatvaranju stoma i eroziji zemljišta. *Pozitivna uloga vjetra* ogleda se u stvaranju uslova za intenzivniju transpiraciju i fotosintezu, kao i u prenošenju polena i sjemena.

Spor vjetar, *povjetarac*, ima pozitivno dejstvo na biljke u ljetnjem, topлом i suvom periodu godine. Povjetarac utiče da se oko biljke obrazuje prelazni (granični) sloj vazduha, iz koga se ona snabdijeva ugljen-dioksidom. Kada je potpuno mirno vrijeme, razmjena vazduha je neznatna, pa je u prelaznom sloju smanjen udio ugljen-dioksida, a povećan procenat vodene pare. Pri takvom vremenu, granični sloj se širi i zauzima veći prostor oko biljke. Rashlađujući površinu listova i pospešujući razmjenu vazduha, povjetarac utiče na povećavanje količine CO₂ u vazduhu koji okružuje biljku.

Kada duvaju *vjetrovi velike jačine*, biljke, da bi se zaštitile od prekomjernog odavanja vode, zatvaraju stome. Tada se umanjuje apsorpcija ugljen-dioksida, zbog čega dolazi do redukovanja fotosinteze i proizvodnje biomase. Na vjetrovitim prostorima, biljke su izložene mehaničkom i vodnom stresu, te je i njihov životni vijek kraći, a same biljke su zakržljale. Priljubljujući se uz tlo, skraćujući rastojanje između članaka, smanjujući listove i sl., biljke se štite od vjetra. Manja veličina biljkama omogućuje ekonomisanje s vodom. Navedenu životnu formu susrećemo kod vrsta: *Erynacea anthyllis*, *Genista acanthoslada*, *Euphorbia acanthothamnus*, *Vella spinosa* i dr., na sredozemnim kamenitim i vjetrovitim biotopima, zatim različitim vrstama rodova *Draba*, *Androsace*, *Saxifraga*, *Cerastium* i dr., i na velikim visinama Alpa i Dinarida.

Na prostorima gdje vjetar duva uglavnom iz jednog pravca (morska obala, planine), gotovo bez prestanka, kod usamljenog ili rijetkog drveća pojavljuje se forma *zastave*. Suprotno od pravca udara vjetra, razvija se krošnja drveća. Grane na udarnoj strani djelimično ili u potpunosti izumiru. Ovo se dešava zbog isušenosti tkiva, mehaničkih povreda, abrazije, kidanja tkiva i otkidanja grana. Forma zastave je uobičajena na granici šume i suvata na planinama kod jele, borova i smrče, a kod primorskog bora (*Pinus halepensis*), vrsta roda *Olea* ili *Cupressus* u primorju Mediterana.

Kada vjetrovi dostignu brzinu veću od 25 m/s, oni tada lome grane, stabla i tako stvaraju *vjetrolome*. Pri ovoj brzini, u stanju su da iz zemlje čupaju drveće iz korijena i tako nastaju *vjetrozvale*. Usljed jakog vjetra, mogu da stradaju čitavi šumski pojasi, čime se mijenja i izgled prostora.

Vjetar svojim direktnim i indirektnim djelovanjem može pozitivno i negativno da utiče na prinose kulturnih biljaka u *poljoprivrednoj proizvodnji*.

Kod uzgoja biljaka, *pozitivno dejstvo vjetra* vezano je za opršivanje, isparavanje suvišne vode iz zemljišta i njegovo korišćenje u proizvodnji električne

energije. Za vrijeme cvjetanja kulturnih biljaka, vjetar koji duva manjom brzinom veoma je koristan. Slabiji vjetar, prenoseći polen s biljke na biljku, omogućava opršivanje *anemofilnih biljaka* (anemofilija – opršivanje vjetrom). U rano proljeće, kada je zemljište prezasićeno vodom, sa pojavom vjetra dolazi do ubrzavanja isparavanja vode sa zemljišta i na taj način se ubrzava početak obavljanja ranih proljećnih radova. Snaga vjetra se u oblastima sa jakim i čestim vjetrovima može iskoristiti za proizvodnju električne energije, za pokretanje uređaja za navodnjavanje.

U svim godišnjim dobima, vjetrovi nanose kulturnim biljkama *direktne štete*, tako što vrše jak pritisak na njih, ometaju obavljanje različitih aktivnosti i umanjuju efekat primjene različitih sredstava u zaštiti biljaka. Povećavajući isparavanje vode sa zemljišta i biljaka, vjetrovi nanose *indirektne štete*.

Negativno dejstvo vjetra može se manifestovati tokom jesenje i proljećne sjetve. On može odgoditi početak radova vezanih za pripremu i obavljanje same sjetve. Tokom zime, stvarajući snježne nanose, vjetar može da ošteti ozime usjeve, voćke, vinovu lozu, kao i da nanese štetu višegodišnjim travama. Na mjestima sa kojih je snježni pokrivač odnešen, biljke bivaju izložene negativnom uticaju niskih temperatura. Nagomilani snijeg svojom težinom pritiče poljoprivredne kulture i na taj način može da umanji količinu prinosa i kvalitet dijelova biljke koji se koriste za ljudsku i stočnu hranu. Tokom vegetacije, olujni vjetrovi izazivaju polijeganje strnih žita u fazi klasanja, ali i prelom stabljike u fazi sazrijevanja što, pored smanjenja prinosa, otežava i rad mašinama na poljoprivrednim imanjima. Jaki vjetrovi onemogućavaju let insekata opršivača, čime se otežava opršivanje voćki i vinove loze, te je prinos manji. Oni su u stanju i da lome grane i lastare, kidaju cvjetove, otresaju plodove i ponekad izvaljuju iz zemlje cijela stabla. Vjetar može da nanese štete poljoprivredi, ili da ometa rad tako što prenosi sjeme korova i spore biljnih bolesti, ometa rad poljoprivredne avijacije kod sjetve, rasturanja đubriva i hemijskih sredstava za uništavanje korova i biljnih bolesti, itd.

Vjetar može da utiče i na raseljavanje i ponašanje životinja. Imaga leptira *Lohostege sticticalis* (metlica) vjetar prenosi i na udaljenost 60 do 300, pa i preko 1000 km. Zahvaljujući snazi vjetra, gusjenice gubara (*Lymantria dispar*) dospijevaju na udaljenosti između 30 do 40 km. Pravci migracija pustinjskih skakavaca uskladieni su sa smjerovima dominantnih vjetrova. Ptice su okrenute glavom prema vjetru tokom mirovanja i na taj način se štite od prekomjernog gubljenja toplove. Ptice ostaju satima u vazduhu, prepuštajući se snazi vjetra i koristeći ga kao energetski izvor. Kada vjetar dostigne veće brzine, insekti prestaju da lete i zadržavaju se u zaklonu. Broj insekata letača je relativno mali na okeanskim obalama i ostrvima, stepama, pustinjama i tundrama, jer po njima struje jaki vjetrovi.

I na *organizam čovjeka* vjetar može pozitivno i negativno djelovati, što najčešće zavisi od brzine i pravca strujanja vazduha i godišnjeg doba u kom konkretni vjetar duva, tako što pospješuje razmjenu toplove čovjeka i okoline. Ljudi se osjećaju prijatno ako vjetar duva ljeti, ali kada se to dešava pri niskim temperaturama, i najzdravije osobe se nelagodno osjećaju. Umjereno jak vjetar

potsticajno djeluje na disajne pokrete, dok ih jak usporava. Podižući prašinu i prenoseći bakterije i viruse, jaki vjetrovi mogu izazvati infektivna oboljenja kod ljudi (Tabela 7).

Vjetrovi	Dejstvo na zdravlje ljudi
Suvi i sjeverni	Loše utiču na oboljele od plućne tuberkuloze
Istočni	Imaju dosta sličnosti sa suvim i sjevernim vjetrovima
Južni	Izazivaju glavobolju i teškoće kod disanja, kao i osjećaj gušenja pri višim temperaturama i opštu tromost mišića
Jaki vjetrovi sa mora	Razdražujuće djeluju na nervozne i osjetljive osobe
Umjereni vjetrovi sa mora	Umirujuće djeluju na nervni sistem kod razdražljivih osoba

Tabela 7. Uticaji vjetrova koji dolaze iz različitih pravaca na zdravlje čovjeka.

Suvi i sjeverni vjetrovi ponekad utiču i na iskašljavanje krvi iz kaverne, djelujući negativno na osobe oboljele od plućne tuberkuloze. Da bi se izbjegli negativni uticaji ovih vjetrova, sanatorijumi za oboljele od plućne tuberkuloze se u planinama grade na južnim padinama, a po mogućnosti, u borovoј šumi. Na izazivača tuberkuloze (*mycobacterium tuberculosis*) borova šuma djeluje baktericidno. *Fen*, kao jedan od najsuvljih vjetrova, izaziva fensku bolest, koja se manifestuje u obliku depresivnog stanja oboljele osobe. Razdražljivosti doprinosi i naglo povećanje temperature. *Činuk* je vjetar koji se javlja u istočnoj podgorini Stjenovitih planina u Sjevernoj Americi, a po svojim osobinama i dejstvu veoma je sličan fenu, s tim da još brže i više povećava temperaturu. Zimi ovaj vjetar u Montani može za jedan dan da podigne temperaturu i do 22°C i tako naglo ubrzatopljenje snijega.

2.3.7. *Klima na zemlji*

Već je rečeno da **klima predstavlja prosječno višegodišnje stanje klimatskih elemenata iznad nekog prostora**. Vremenska stanja u višegodišnjem periodu odvijaju se po određenim zakonitostima, pa definiciju možemo dopuniti: **Klima predstavlja zakonitu višegodišnju naizmjeničnost vremenskih stanja (klimatskih elemenata) iznad nekog prostora**.

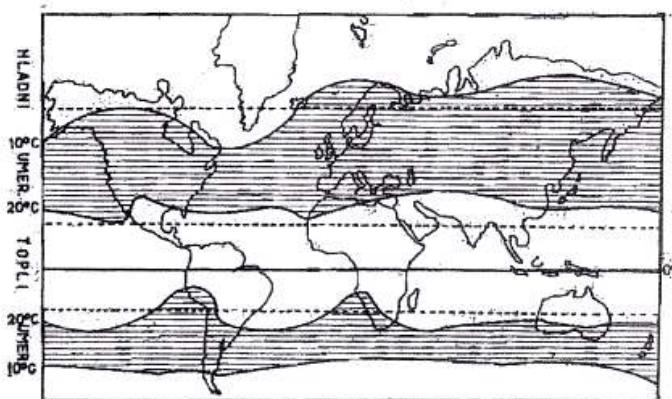
Definicija se, praktično, sastoje iz četiri dijela:

- 1) Skup klimatskih elemenata.
- 2) Prostor, odnosno određeni lokalitet na kom se odvijaju određena vremenska stanja. Prostor može da se odnosi na Zemlju u cijelini, veći ili manji njen dio. To može da bude kontinent, manja ili veća planinska, nizijska ili primorska regija, ali i ostrvo, polje, mravinjak i drugo.
- 3) Vremenski period proučavanja klime. Sve što je period duži, dobijamo tačnija prosječna vremenska stanja klime. To nam omogućuje i poređenje klime sa drugim prostorima, ali samo u istom vremenskom periodu.

- 4) Zakonitost odvijanja vremenskih stanja. Vrijeme nije plod nekog slučaja, već je sastavni dio prirodnih zakonitosti.

Višegodišnje djelovanje Sunčevog zračenja, vazdušne (atmosferske) cirkulacije i osobina podloge rezultira u osnovi odgovarajuću klimu. Ljudska djelatnost u svemu tome ima određenu ulogu.

U literaturi se često susrećemo i sa pojmom solarne ili matematičke ili realne klime. **Solarna** ili **matematička klima** (za Zemlju je samo teoretska pretpostavka) bila bi moguća da se Zemlja sastoji samo od vode ili kopna, da je ravna (bez udubljenja i ispupčenja) i da nema atmosferu. Tada bi klima zavisila samo od Sunčevog zračenja i Zemljinog izračivanja, a izoterme bi se poklapale sa paralelama. Ovakvo idealno klimatsko stanje nije ostvarivo na bilo kojoj planeti Sunčevog sistema. Ako bi matematička klima bila moguća, sve pojave bi se mijenjale pravilno i svake godine bi bile jednake. Solarna klima ne može ni postojati, jer Zemljina površina nije homogena. Pod uticajem geografskih faktora, pretpostavljena solarna klima se mijenja u **fizičku** ili **realnu klimu**. Geografski faktori koji najviše utiču na klimu su: geografska širina, nadmorska visina, raspodjela kopna i mora, reljef na kopnu, morske struje, biljni, snježni i ledeni pokrivač i ljudska djelatnost (Sl.26).



Sl.26. Klimatski (temperaturni) pojasevi po Supanu.

Zemljina površina se, prema solarnim uticajima, može podijeliti na *klimatske pojaseve* ili *klimatske zone*, dok se prema fizičkim uticajima (dejstvo klimatskih modifikatora), dijeli na klimatske tipove.

Grčki filozof *Aristotel* je na Zemlji izdvojio *pet toplotnih pojaseva* u horizontalnom pravcu od ekvatora prema polovima. Kasnije se za granice ovih pojaseva uzimaju matematičke linije, tako da se **žarki pojas** (zračenje Sunca je dosta ujednačeno i ima visoke vrijednosti tokom godine) pruža između povratnika (23° i $27'$ sjeverne i južne g. š.), **umjereni pojasevi** (jedan na sjevernoj, a drugi na južnoj polulopti) zauzimaju prostor između povratnika i polarnica (66° i $33'$) obiju širina (smjenjuju se četiri godišnja doba), **hladni pojasevi** se prostiru između polarnica i polova.

Aristotelova podjela je zasnovana isključivo na raspodjeli Sunčeve radijacije prema geografskoj širini i ima sve odlike solarne ili matematičke klime. S obzirom da temperatura ne opada pravilno sa povećanjem geografske širine, temperaturne granice ne mogu biti prave matematičke linije, pa je austrijski klimatolog A. Supan iz tog razloga predložio podjelu površine Zemlje na pet temperaturnih pojaseva: **topli pojaz** (s obje strane ekvatora), koji je omeđen godišnjom izotermom od 20°C , **dva umjereno topla pojaza** (po jedan na obje polulopte), koja su omeđena godišnjom izotermom od 20°C i izotermom od 10°C najtoplijeg mjeseca u godini) i **dva hladna pojaza**, smještena između polova i izoterme od 10°C najtoplijeg mjeseca na sjevernoj i južnoj polulopti.

U svakoj od nabrojanih klimatskih pojaseva ili zona, mogu se izdvojiti, od podnožja do vrhova planina, **visinski ili planinski klimatski pojasevi**. Od podnožja do vrha na planinama se mijenjaju vremenski uslovi. Koliki će broj visinskih pojaseva biti zastupljen, zavisiće od visine planina i klimatske zone u kojima se nalaze. Na planinama koje su bliže ekvatoru, moguće je registrovati više klimatskih zona od onih koje se nalaze bliže hladnom pojazu.

Zastupljenost osnovnih **vegetacijskih zona** direktno je uslovljena klimatskim zonama. Tako, dok je u hladnijoj i suvliojoj subpolarnoj zoni prisutna oskudna vegetacija tundre, u oblastima koje se prostiru bliže ekvatoru, klima je toplija i vlažnija, što uslovljava bujnu vegetaciju. Utičući na proces formiranja zemljišta, klima, pored neposrednog uticaja, vrši i posredan uticaj na biljke.

Različite potrebe nameću proučavanje klime za Zemlju u cjelini, kao i manje ili veće prostore, zatim za određene namjene, biljne zajednice i sl. Zato možemo govoriti o makroklimi, mezoklimi, mikroklimi, ekoklimi, fitoklimi, itd.

2.3.8. Uticaj značajnijih geografskih faktora na klimu

S obzirom da površinu Zemlje ne čini samo kopno ili samo voda i da nije ravna, ona ima realnu ili fizičku klimu. Klimatski faktori koji mijenjaju mogući karakter solarne klime, svojim djelovanjem utiču na postojanje realne klime. Zbog toga ih nazivamo *klimatskim modifikatorima*. Sa pojačavanjem uticaja modifikatora, sve dolazi do većeg odstupanja od solarne ili matematičke klime.

Prema intenzitetu uticaja na prepostavljenu solarnu klimu, modifikatore svrstavamo u sljedeće tri grupe (Tabela 8):

1) Klimatski modifikatori prvog reda:

- a) nejednak raspored kopna i mora na Zemlji
- b) veličina i oblik kontinenata
- c) tople i hladne morske struje

2) Klimatski modifikatori drugog reda:

- a) visina i pravac pružanja planina
- b) reljefni oblici i njihova izloženost (ekspozicija) Suncu

3) Klimatski modifikatori trećeg reda:

- a) biljni pokrivač
- b) jezera, rijeke i manje vodene površine
- c) snježni pokrivač
- d) određeni klimatski elementi
- e) uticaj ljudske djelatnosti i dr.

UTICAJI NA KLIMU	
Astronomski odnos Zemlje	Intenzitet i struktura spektra Sunčevog zračenja
	Promjene na površini Sunca
	Udaljenost Sunca i Zemlje
	Zemljina kretanja
	Nagib Zemljine ose
	Geografska širina
	Fizičke osobine atmosfere
Atmosfera	Difuzija
	Refleksija
	Apsorpcija
	Gasovi
	Vodena para
	Aerosoli
	Oblaci
	Protivzračenje atmosfere
	Opšta cirkulacija atmosfere
	Cikloni i anticikloni
Zemljina površina	Planetarni vjetrovi
	Vazdušne mase
	Vazdušni frontovi
	Apsorpcija
	Refleksija
	Albedo podloge
	Kontinenti
	Okeani
	Ledeni pokrivač
	Visoke planine
Raznovrsnost Zemljine površine	Morske struje
	Vegetacija
	Reljefni oblici
	Jezera, rijeke
	Šume
	Ljudska djelatnost
	Gradovi

Tabela 8. Raznovrsnost važnijih uticaja na klimu.

Atmosfera i rotacija Zemlje su dva modifikatora solarne klime koji se ne bi mogli svrstati ni u jednu grupu.

Uticaj *atmosfere* na klimu se, prije svega, ogleda u slabljenju Sunčeve radijacije i protivzračenju, apsorpciji i reflektovanju dugotalasnog (infracrvenog) Zemljinog zračenja. Prolazeći kroz atmosferu, Sunčevi zraci jednim dijelom se apsorbuju (36%) ili reflektuju (16%), a na Zemljini površinu dospije 48% Sunčevog kratkotalasnog zračenja.

Prolazeći kroz atmosferu, Sunčevi zraci se sudaraju sa česticama vazduha i prašine, kao i sa sitnim kapljicama vode i od njih se reflektuju u raznim pravcima. Rasturanja Sunčevih zraka u svim pravcima nazivamo *difuznom refleksijom*. Difuznom refleksijom se osvjetljavaju i oni predmeti na Zemlji do kojih ne stižu direktni Sunčevi zraci. Plavu boju pri vedrom vremenu nebū daju reflektovani ljubičasti zraci.

Veću pažnju uticaju *rotacije Zemlje* smo posvetili u odjeljku o kretanju vazduha, tako da se ovdje nećemo previše zadržavati na tome. Još jednom podsjećamo da rotacija utiče naročito na pravac kretanja stalnih vjetrova pasata i antipasata, koji bi vjetrovi bez uticaja rotacije Zemlje imali meridijanski pravac. Bez postojanja rotacije, pasati bi duvali od polova prema ekvatoru, a antipasati - od ekvatora prema polovima.

2.3.8.1. Rasporod kopna i mora, veličina i oblik kontinenata i morske struje kao najvažniji klimatski modifikatori

U klimatske modifikatore prvog reda spadaju: nejednak raspored kopna i mora, veličina i oblik kontinenata sa razuđenošću obala i uticaj hladnih i toplih morskih struja.

Uticaj kopna i mora na klimu proizilazi iz njihovih termodinamičkih karakteristika.

Količina energije koja je potrebna da se jedinica količine nekog tijela zagrijje za 1°C naziva se specifičnom toplotom. Zapreminska specifična toplota vode dva puta je veća od kopna, pa će ista količina energije zagrijati istu zapreminu vode dva puta manje od kopna. Pri istim uslovima zračenja, voda će se znatno sporije i slabije zagrijati od kopna.

Kopno apsorbuje Sunčeve zrake do znatno manje dubine, pa će se površinski sloj kopna više zagrijati od površinskog sloja vode. U vodenoj sredini, Sunčevi zraci prodiru mnogo dublje i raspoređuju energiju kroz slojeve vode kroz koje prodiru. *Dijatermnost vode* (sposobnost propuštanja zraka) omogućuje zagrijavanje i do 20 m dubine. Površinski dijelovi vode apsorbuju najviše toploće, te su oni i topliji od dubljih dijelova. Jedan dio apsorbovane Sunčeve energije se troši na zagrijavanje, a drugi na isparavanje vode. Vjetar izaziva turbulentno kretanje vode i jedan dio energije sa viših dijelova sprovodi u dublje. Iz tih razloga je i temperatura površinskog sloja kopna viša od temperature površinskog sloja vode.

Voda se sporije zagrijava, ali se sporije i hlađi od kopna. Danju se kopno brže i više zagrijava od vode, a noću brže i više hlađi. Sa promjenom temperature

podloge, mijenja se i temperatura vazduha iznad nje. Vazduh iznad vodenih površina ima tokom zime i noću više temperature, a ljeti i u popodnevnim časovima niže temperature od vazduha iznad kopna. Iz termičkih razlika kopna i vode proizilazi i izdvajanje dva glavna tipa klime: *kontinentalni* i *maritimni*. Između ova dva tipa klima se nalazi prelazni tip klime - *primorska* ili *litoralna* - klima u kojoj se miješaju uticaji kontinentalne i maritimne klime.

Od opšte raspodjele kopna i mora zavisi da li će neki prostori imati kontinentalne ili maritimne klimatske uticaje. Od ukupne površine Zemlje (510 596 000 km²), voda zauzima 70.6%, a kopno 29.4%. Ako podijelimo Zemlju na južnu i sjevernu polovicu, primijetićemo da kopno na sjevernoj hemisferi zauzima 39% ukupne površine (voda 61%), a na južnoj svega 19% (voda 81%). Zato su najveće amplitude temperature vazduha vezane za središnje dijelove Evroazije, a najmanje u središnjim dijelovima Tihog okeana – nešto iznad 2°C (ostrva Fidži i Tuamotu) (Sl.27).

Na maritimnost i kontinentalnost klime utiče i *razuđenost obala kontinenata*. Ako je kontinent razuđeniji, zastupljeniji su elementi maritimnosti klime. Kao ilustraciju navodimo da je razuđenost obale Australije mala, pa je ona, iako najmanji kontinent, najmanje podložna morskim klimatskim uticajima. Osim toga, tome doprinose i hladne morske struje sa okeanskih prostora oko Antarktika.

Tople morske struje se, po pravilu, kreću od nižih ka višim geografskim širinama, a hladne iz viših ka nižim. One utiču na temperaturu morske vode, a time i na temperaturu vazduha iznad njih. Višim širinama *tople struje* donose ogromne količine toplotne i time povećavaju i temperaturu vazduha (npr. Golfska struja). Magle se pojavljaju iznad hladnih struja, kao što je to slučaj i kod Njufaundlenda. Vazduh iznad toplih morskih struja sadrži veću količinu vlage, oblačnost je veća, a padavine su učestalije. Visok vazdušni pritisak se obrazuje iznad hladnih morskih struja, manje je isparavanje, te su oblačnost i padavine manje.



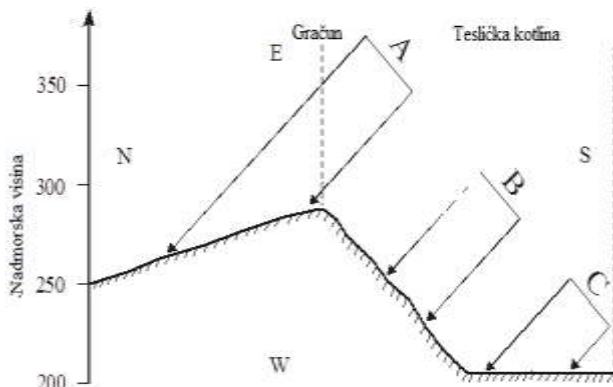
Sl.27. Tuamotu u središnjem dijelu Pacifika - prostor sa najmanjim amplitudama temperature na Zemlji.

Izvor: <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRdw0Yq2x-aaRhHHqjL0D8C2V-8QMFuiHGoO2hUBQ7rfBIOR0Iv>

2.3.8.2. Reljef kao klimatski faktor

Višestruki uticaji na klimu vezani su uz *reljef*, odnosno nadmorsku visinu i pravac pružanja planina, različite oblike reljefa i njihovu eksponciju. U okviru reljefa, svojim značajem se, na klimu oblasti u kojoj se prostiru, ističu planine (Sl.28). Svi klimatski elementi sa povećanjem nadmorske visine doživljavaju određene promjene. Promjena klimatskih elemenata u odnosu na niže terene dovodi do obrazovanja *planinske klime*.

Uticaj reljefa na klimu ne ograničava se samo na planinski prostor i uticaj na smjenu klimatsko-vegetacijskih pojaseva po vertikali, već u određenoj mjeri utiče i na klimu susjednih prostora. I same planine imaju tako raznovrstan reljef, da se u njima javljaju istinski klimatski kontrasti. Unutar planina, na veoma malim rastojanjima se javljaju velike razlike u trajanju *Sunčevog sjaja*, vrijednosti temperature, čestini i jačini vjetra, vlažnosti, oblačnosti, trajanju i debljini snježnog pokrivača i sl. S promjenom nagiba dijelova reljefa u planinama, mijenja se i izloženost Sunčevim zracima. Kada snop Sunčevog zračenja istog poprečnog presjeka dospije na padine različitog nagiba i izloženosti, odnosno različite eksponcije prema Suncu, zagrijava nejednake površine, što se odražava i na temperaturu zemljišta i vazduha.



Sl.28. Dejstvo Sunčevog zračenja na neravnom zemljištu, na primjeru Tesličke kotline (63, 50).

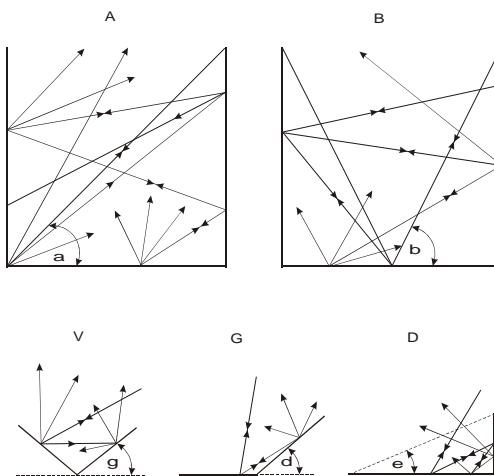
Sa povećanjem nadmorske visine, intenzitet direktnog Sunčevog zračenja u planinskim oblastima raste zbog smanjivanja gustine vazduha i manje zastupljenosti vodene pare, čestica prašine, i dr. Sa povećanjem nadmorske visine uslijed razrijeđenog i čišćeg vazduha, difuzno nebesko zračenje ima sve manje vrijednosti. Zbog razrijeđenosti planinskog vazduha, povećava se i intenzitet izračivanja sa podloge. Zbog intenzivnije insolacije i radijacije podlage na velikim nadmorskim visinama, stijene se danju brže zagrijavaju, a noću brže hладе. Brže širenje stijenja danju i skupljanja noću dovodi do njihovog bržeg raspadanja i stvaranja šiljastog oblika reljefa na ogoljelim terenima na većim nadmorskim visinama.

Na osnovu izloženog, zaključujemo da temperatura vazduha na planinama, sa povećanjem nadmorske visine, opada zbog povećanja prozračnosti vazduha,

nejednakog intenziteta radijacije i insolacije, smanjivanja površine i mase zemljišta, postojanja jačih vjetrova koji brže raznose zagrijani vazduh, i dr.

I vlažnost vazduha se mijenja u skladu sa porastom nadmorske visine. Apsolutna vlaga i parcijalni pritisak vodene pare naglo opadaju. Do visine kondenzacije, relativna vlažnost se povećava, a iznad nje naglo opada. Ljeti je ona veća na većim, a zimi na manjim nadmorskim visinama. Ljeti preovlađuje uzlazno kretanje vazduha, njegovo hlađenje prouzrokuje veću oblačnost, te su planine *oblačnije* po danu i ljeti nego zimi. Ispod planinskih vrhova i platoa se obrazuju oblaci, pa oblačnost u globalu opada sa povećanjem nadmorske visine. Na planinama umjerenih širina, oblačni region (visina na kojoj se obrazuju oblaci) se nalazi na visini između 800 i 1 500 m.

Na planinama, povećava se količina *padavina* do visinske granice koju nazivamo *nivo kondenzacije*. Na ovoj visini se vazduh rashladi do temperature *rosne tačke*, kada počinje i kondenzacija. Vertikalni pluviometrijski gradijent predstavlja porast padavina na svakih 100m. Od faktora koji na njega utiču, najvažniji je orijentacija planinskih padina prema duvanju vlažnih vjetrova, oblik i položaj planina. U tropskim geografskim širinama, tokom godine se izluči i do 12 000 mm padavina, a u umjerenim širinama maksimum iznosi između 3000 - 4000 mm. Na planinske visoravni koje okružuju visoki planinski vijenci dospije mala količina padavina. Visoravni na Pirinejima, u Maloj Aziji i Iranu primaju malu količinu padavina, kao što je slučaj i sa Tibetom (100 mm godišnje). Padavine se sa povećavanjem nadmorske visine sve više izlučuju u obliku snijega, a njegov procenat u odnosu na druge padavine je sve veći (Sl.29).



Sl. 29. Grafički prikaz raspodjele radijacije u različitim oblicima reljefa sjevernih padina Vlašića (A - oblik dugački koridor, B - sredina ulice, V - ravnomjerno izdizanje zemljišta, G - kontakt doline i planinske padine, D - kontakt pretežno horizontalnog i vertikalnog reljefa (63, 52)).

2.3.8.3. Uticaj ostalih klimatskih faktora (modifikatori trećeg reda)

Biljni pokrivač je značajni modifikator klime određenog područja. Šumske ili travne površine se razlikuju od golog zemljišta po količini primljene energije, brzini zagrijavanja i hlađenja, brzini vjetra i vlažnosti, i dr. S obzirom na značaj šuma u formiranju određenog oblika klime, posvetičemo im veću pažnju. Treba imati na umu da mnoge specifičnosti šume koje utiču na klimu važe i za sve površine pod biljnim pokrivačem u cjelini.

Biljke imaju u odnosu na različite vrste stijena i zemljišta *veću specifičnu toplotu*. Zato se one sporije zagrijavaju i hlađe od čvrste zemljine površine. Razlog tome je veliki sadržaj vode u biljnim tkivima. Trave u sebi sadrže više vode (do 80%) od drvenastih vrsta.

Sunčevi zraci ne dospijevaju do površine zemljišta, bez obzira da li je zemljište pokriveno visokim drvećem, žbunjem ili travama. Tokom dana, zemljište se zbog toga veoma malo zagrije, ali se, isto tako, i sporije tokom noći hlađi. Ukupna apsorpciona površina biljnog pokrivača je znatno veća od golog zemljišta, pa se uz isti intenzitet insolacije, biljni pokrivač manje zagrije od golog zemljišta (isti snop Sunčevih zraka zagrijava veću površinu). Zbog *transpiracije* (fiziološko isparavanje), šuma troši znatan dio primljene energije.

Pored toga što je šumsko zemljište zaklonjeno lišćem i granama, često je pokriveno šumskom prostirkom ili šušnjem. Usljed zaštitnog djelovanja pokrivača i niže temperature, ono znatno manje isparava, iako je vlažnije od okolnog zemljišta, koje nije pokriveno vegetacijom. Zbog toga su niže temperature vazduha u šumi tokom dana, a više tokom noći od onih na slobodnom prostoru.

Niže temperature šumskog vazduha tokom dana na prostoru šume uslovjavaju i viši vazdušni pritisak, u odnosu na susjedne prostore. Teži vazduh iz šume struji prema slobodnom prostoru, gdje smanjuje visoke temperature i ublažava amplitudu temperature na njemu. Strujanje vjetra će povećavati vlažnost na prostoru oko šume, s obzirom da je šumski vazduh vlažniji od vazduha okolnih prostora. Na taj način, šuma daje doprinos povećanju vlažnosti i umjerenijoj temperaturi svoje okoline. Koliki će biti intenzitet uticaja šume na klimu okoline, zavisiće od veličine, gustine i vrste šumskog pokrivača koje je u njoj zastupljeno.

Ortotropna (hrapava) površina utiče na povećano trenje vazdušne struje u prizemnom sloju vazduha i smanjenje brzine vjetra. Zato šuma smanjuje negativni efekat vjetra u svojoj okolini, bilo da se radi o uticaju hladnih ili toplih i suvih vjetrova. U poljoprivrednim područjima se za zaštitu zemljišta i biljaka iz toga razloga formiraju *vjetrozaštitni pojasevi*.

Brojna mjerjenja koja su vršena u Njemačkoj pokazuju da šuma može da utiče na visinu vodenog taloga. Šubert je 1937. godine sakupio i objavio rezultate ovih mjerjenja. Zahvaljujući tim podacima, došlo se do sljedećih zaključaka:

- ako se pošumljenost poveća za 1%, visina padavina se povećava za 0.78 mm,

- b) sa povećanjem pošumljenosti riječnog sliva za 20 do 25%, količina padavina se povećava za 40 mm, svako povećanje pošumljenosti preko 50% ne dovodi do povećanja padavina, odnosno količina padavina ostaje konstantna,
- c) povećanje padavina uslijed uticaja šume jednako je povećanju visine reljefa za 40 metara.

Padavine koje padnu na lišće, iglice i grane krošnje drveća, dijelom ostaju na površini, a dijelom se spuštaju prema podlozi. Razmotrićemo šta se dešava sa kišom, kao najpovoljnijom padavinom za vegetaciju, pogotovo ako je dugotrajna, sitna i gusta. Ona prvo pada na površinu lišća kod lišćara, ili iglica kod četinara, gdje se jedan dio kišnih kapi zadržava i sa njih isparava, te su izgubljene za sastojinu. Zadržavanje vode na površini listova ili iglica nazivamo *intercepcija*. Trajanje i količina kiše, sastav, sklop i starost šumske sastojine najviše utiču na količinu kiše koja dospije na šumsko tlo.

Na sličan način poput mora, i *jezera* utiču na klimu okoline, s tim da su ti uticaji ograničeni na manje prostranstvo oko jezera. Veća i dublja jezera imaju i veći uticaj na klimu okoline. Najveće jezero na svijetu (Bajkalsko jezero, kada u decembru još nije zaledeno, ima temperaturu veću za 13°C od okoline, dok u julu njegova temperatura je niža za 7°C od temperature okolnih prostora). Iznad jezera i većih rijeka, vazduh je ljeti hladniji, a zimi topliji u odnosu na prostor koji ih okružuje, pa su i strujanja vazduha tokom ljeta usmjerena prema kopnu, a zimi prema jezeru. Poznato je da jezera ublažavaju dnevne i godišnje amplitude temperature, povećavaju vlažnost vazduha i neznatno količinu padavina.

Zbog velike količine vazduha koji sadrži, *snježni pokrivač* je slab provodnik toplote, pa je dobar izolator koji štiti zemljište i biljke od izmrzavanja. S obzirom da ima veliki albedo (često i preko 80%), snijeg apsorbuje malu količinu Sunčevog zračenja. Njegova hrapava površina utiče na povećano izračivanje toplote. Zbog toga su snježni pokrivač i vazduh iznad njega hladni i danju i noću, pa će amplitude temperature biti manje od onih iznad površina koje nisu pokriveni snježnim pokrivačem.

Na klimu *ljudska djelatnost* utiče na više načina. Čovjek krči šume na velikim površinama, vrši melioraciju, obradu zemljišta i preduzima druge aktivnosti kojima utiče i na promjenu klime. Vještačka jezera, koja se formiraju u sušnim područjima izgradnjom brana na rijekama, djeluju pozitivno, dok u umjereno vlažnim najčešće negativno na klimu (povećava brzinu vjetra i broj dana sa maglom).

2.3.9. Osnovni pojmovi o makroklimi, mezoklimi, mikroklimi, ekoklimi i fitoklimi

Klimi pripada primarno mjesto kada je u pitanju život i rasprostranjenost biljnog i životinjskog svijeta i razmještaj ljudskih djelatnosti. U odnosu na veličinu proučavanog prostora, klimu dijelimo na makroklimu, mezoklimu i mikroklimu.

Ova tri aspekta klimatskog kompleksa faktora veoma su značajna za ekoklimatska proučavanja.

U *makroklimu* spada klima Zemlje, njenih prostranih dijelova (iznad većeg mora ili okeanske oblasti), većih pejsažnih cjelina (veća stepska oblast, veća pustinja, tundra na određenom kontinentu) i klima pojedinih država. Ona je rezultat zonalnih varijacija, prije svega u okviru tropskog i umjerenih klimatskih pojaseva, kao i hladnih. Pojava specifične vegetacije i zemljишta vezana je za makroklimu. U ekvatorskom pojasu, vremenske prilike tokom cijele godine su ujednačene. U umjerenim i hladnim pojasevima izdvajaju se dva dijela godine, prvi - kada je radijacioni bilans pozitivan (ljeto) i drugi - kada je radijacioni bilans negativan (zima). Topli period se odlikuje dugim danima i kratkim noćima, a hladni period kratkim danima i dugim noćima.

Unutar prostranih oblasti sa karakterističnom makroklimom mogu se izdvojiti manji dijelovi, gdje vrijednosti klimatskih elemenata odudaraju od srednjih vrijednosti koje važe za odgovarajuću makroklimu. Ovdje se misli, prije svega, na uzvišenja, kotline, kraška polja, jezera sa užom okolinom, gradove i dr. Na tim prostorima, zastupljen je tip klime koji smo nazvali *mezoklimom, lokalnom* ili *mjesnim klimom*. Vremenske prilike ovih cjelina predstavljaju sastavnu komponentu makroklima. Biocenoze u depresijama su prilagođene niskim, a na uzvišenjima - višim temperaturama.

Mikroklima obuhvata veoma male površine i prizemni sloj vazduha do 2 m visine. Kod ovog tipa klime, razlike u temperaturi i vlažnosti se mogu pojaviti na mjestima međusobno udaljenim više stotina, pa i desetine metara. Razlike u vrijednosti pojedinih klimatskih elemenata se javljaju i unutar određenih veoma malih reljefnih oblika. Pri vedrom i tihom vremenu, u jednoj ljevkastoj vrtači razlika u temperaturi između osunčanog i neosunčanog dijela može da bude i do 10°C. Ove razlike su minimalne ili potpuno nestaju ako je vrijeme vjetrovito i tmurno.

Razlike postoje u vrijednostima pojedinih klimatskih elemenata, koji su istovremeno i ekološki faktori, u nekoj makroklimatskoj oblasti, kao što je to susjedni prostor, prisjone i osojne strane, dno, sredina ili vrh uzvišenja, oazama u pustinjama, kao i u još manjim dijelovima nekog prostora poput krošnji drveća, šumskoj stelji, dijelovima stabla različito eksponiranih prema Suncu, licu i naličju lista, u prizemlju ili pri vrhu livadskih sastojina i drugo, i time nameću potrebu mikroklimatskih proučavanja.

Pored navedenih tipova klime, danas je često u upotrebi i pojam *ekoklime*, odnosno klima svake životne zajednice zasebno. Nalazeći se pod uticajem lokalne klime, biljni svijet i sam mijenja njene karakteristike, stvarajući tako *fitoklimu*. Najizrazitiji primjer djelovanja na lokalnu klimu je djelovanje šume i formiranje *šumske fitoklime*. U šumi se dešava da temperatura vazduha bude na površini tla oko 13 sati niža i za 12°C u odnosu na temperaturu u okolini. I vlažnost vazduha ovdje je veća. U šumi se zapažaju na pojedinim spratovima drugačije vrijednosti klimatskih elemenata. Ranije je bilo riječi o uticaju šume na pojedine klimatske karakteristike, pa se na tome nema potrebe duže zadržavati. Razlike u klimi se

zapažaju i na prostoru zasijanom kukuruzom, tako da se ovdje može izdvojiti šest manjih klimatskih zona koje su naseljene različitim vrstama insekata.

Razlike u vrijednostima klimatskih elemenata se javljaju i u spoljašnjim i unutrašnjem dijelu krošnje nekog stabla, gornje i donje površine lista, ali i unutar cvjetnih listića, te za klimu ovako malih površina koristimo termin *nanoklima*. Osim adaptivnog značaja za samu biljku, nanoklima utiče na ekološke karakteristike i ponašanja insekata i mikroorganizama.

2.3.10. *Klima kao najvažniji faktor rasprostranjenja živog svijeta*

Iako rasprostranjenost biljnih zajednica zavisi od kompleksa faktora, klima se ističe kao najznačajniji faktor u rasprostranjenju živog svijeta. U okviru same klime, svojim značajem za živi svijet se izdvajaju dva elementa - temperatura i vlažnost vazduha. Pogrešno je da se rasprostranjenje određenih ekoloških tipova biljaka dovede isključivo u vezu sa srednjom godišnjim temperaturom. Od same srednje temperature, koja je veoma važna, za biljke je značajnije kolebanje temperature tokom godine.

Biljke koje su karakteristične samo za jednu klimatsku zonu mogu se naći i u drugim zonama. Ovo se dešava iz razloga što se prvo promjeni klima, pa se onda biljke prilagođavaju tim promjenama. Pored toga, promjena klime se brže odvija od procesa prilagođavanja vegetacije novonastalim uslovima.

Pojedine tipove klime izdvajamo na vrijednosti temperature i vlažnosti vazduha. Valter je 1983. godine izdvojio devet glavnih klimatskih oblasti karakterističnih po odgovarajućoj vegetaciji i zemljištu. Živi svijet koji se najviše prilagođava klimi ove oblasti smo označili kao *zonobiome*. Za Zemlju kao cjelinu karakteristični su sljedeći zonobiomi (Sl.30):

1. Zonobiom vječnozelenih tropskih kišnih šuma na lateritnom zemljištu u vlažnoj ekvatorijalnoj klimi;
2. Zonobiom listopadnih (monsunskih) šuma i savana na crvenkastom lateritnom zemljištu u periodično vlažno-suvoj tropskoj klimi;
3. Zonobiom pustinjske vegetacije na sivom pustinjskom zemljištu u suvoj suptropskoj klimi;
4. Zonobiom tvrdolisne drvenaste (mediteranske) vegetacije na crvenici u periodično vlažno-suvoj suptropskoj klimi;
5. Zonobiom vječnozelenih šuma na crvenkastom podzolastom zemljištu u prohladnoj i vlažnoj (maritimnoj) umjerenoj klimi;
6. Zonobiom vegetacije listopadnih šuma na smeđem šumskom zemljištu u vlažnoj (maritimnoj ili primorskoj) umjerenoj klimi;
7. Zonobiom stepske vegetacije na černozemu u suvoj (kontinentalnoj) umjerenoj klimi;
8. Zonobiom vječnozelene četinarske vegetacije (tajga) na podzolastom zemljištu u hladnoj, borealnoj umjerenoj klimi;

9. Zonobiom tundri i polarnih pustinja na oglejisanom vlažnom, tresetnom zemljištu u polarnoj (arktičkoj i antarktičkoj) klimi.



Sl.30. Karta bioma (<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Vegetation-no-legend.PNG> /1000px-Vegetation-no-legend.PNG).

legene pustinje i ledeni pokrivač tundra tajga umjerene širokolistne šume
stepe umjerene predjela subtropske kišne šume sredozemna vegetacija
monsunske šume suve pustinje kserofitni žbunjaci suve stepes polusuve
puštinje travnata savana savana sa drvećem subtropske suve šume
tropske kišne šume alpijska tundra planinske šume.

U okviru ove klasifikacije, ističe se i preovlađujući tip zemljišta. Ona bi se mogla pojednostaviti s tim da se ne naglašava, u okviru samog formulisanja, rasprostranjenost zemljišta s obzirom da odgovarajuća klima i matična podloga utiču na njegovo formiranje. Podrazumijeva se da je kod predstavljanja određenih zonobioma neophodno naglasiti i značaj zemljišta. Ako bismo kod ove klasifikacije izostavili navođenje geografskih oblasti i tipa zemljišta tamo gdje nije neophodno, možemo izdvojiti sljedeće zonobiome: a) zonobiom vječnozelenih tropskih kišnih šuma, b) zonobiom listopadnih (monsunskih) šuma i savana, c) zonobiom pustinjske vegetacije, d) zonobiom tvrdolisne drvenaste mediteranske vegetacije, e) zonobiom vječnozelenih šuma na crvenkasto podzolastom zemljištu u prohladnoj i vlažnoj (maritimnoj) umjerenoj klimi, f) zonobiom vegetacije listopadnih šuma u vlažnoj (maritimnoj ili primorskoj) umjerenoj klimi, g) zonobiom stepske vegetacije, h) zonobiom tajgi, i) zonobiom tundri i polarnih pustinja. Tako pojednostavljenja podjela bi ukazivala na suštinu, a sama klasifikacija bi se lakše pamtila. Objašnjenje ove podjele, odnosno svakog zonobioma pojedinačno, bi se našlo u samom tekstu prilikom analize odnosa u njima.

Zonobiom vječnozelenih tropskih kišnih šuma karakterističan je po maloj promjeni temperature vazduha tokom godine. Amplituda prosječne temperature vazduha između najhladnjeg i najtoplijeg mjeseca iznosi svega 1.6°C . Ovaj

zonobiom se pruža sjeverno i južno od ekvatora do oko 10°C . Ovdje je zastupljena najbujnija, i u strukturnom smislu, najsloženija vegetacija na Zemlji, na šta su uticali izvanredno povoljni uslovi, kao i ničim ometana evolucija. Tropske kišne šume se odlikuju veoma složenom fitocenološkom strukturom, kao i cenološkim odnosima (Sl.31). Boreći se za svjetlost, drveće naraste do velikih visina i najčešće ima veoma krupne i sjajne listove. Ove šume predstavljaju najstariji tip vegetacije na Zemlji. Ovdje se izluči godišnje i preko 4000 mm padavina, koje su tokom godine dosta ravnomjerno raspoređene.



Sl.31. Tropska kišna šuma u Amazoniji (Brazil).

Izvor: <http://www.geografija.hr/članci/>

Visoke temperature i vlažnost pogoduju džinovskom drveću, palmama, drvenastim papratima, lijanama (vrste roda *Calamus*, *Bignonia* i druge) i epifitama. Ove šume su najviše zastupljene u slivu Amazona u Južnoj Americi, na ostrvima Javi, Sumatri, Borneu i na Novoj Gvineji, jugozapadnom dijelu Indije, Malajskom poluostrvu, Filipinskim ostrvima, sjevero-istočnim dijelovima Australije, oko rijeke Konga, donjem toku rijeke Niger i Velikih jezera i istočnim dijelovima Madagaskara u Africi, istočnim dijelovima Srednje Amerike, kao i cijelom nizu Malih antilskih ostrva.

U tropskoj vlažnoj šumi postoji veliko florističko bogatstvo, pa se na veoma malom prostoru može naći i veliki broj različitih vrsta. U prašumama Brazila se, na prostoru od samo oko 5 km^2 , može naći i do 400 različitih vrsta drveća. U isto vrijeme se u cijeloj Evropi može naći 250 vrsta drveća i krupnijeg žbunja. Ne predstavlja rijetkost da jedno pred drugog rastu dva stabla koji pripadaju istoj vrsti.

Krčenjem u cilju brze zarade, kao i paljenjem radi širenja poljoprivrednih površina, površine obrasle tropskim šumama ubrzano se smanjuju, pa je opstanak brojnih vrsta ugrožen.

Zonobiom listopadnih (monsunskih) šuma i savana karakterističan je za tropske oblasti, gdje naizmjenično duvaju vlažni (monsuni) i suvi vjetrovi. Prosječne temperature najtoplijeg meseca nemaju razliku veću od 10°C . Oblast

gdje rastu vječnozelene vlažne šume se odlikuje jednom vlažnom i jednom sušnom sezonom i većim kolebanjem temperature.

Na velikim područjima Azije, Afrike, Srednje i Južne Amerike i Australije, rasprostranjena je *listopadna tropска šumska vegetacija*. Ova oblast se olikuje raznovrsnom vegetacijom, što je u vezi sa velikom količinom padavina tokom godine (prosječno oko 1500 mm) i relativno visokim temperaturama, sa amplitudom između najtoplјijeg i najhladnjeg mjeseca u godini oko 8°C. Zemljište je uvijek dovoljno vlažno i pored prisustva izrazitog sušnog perioda. Po brzom rastu i florističkim strukturnim karakteristikama, ove su šume dosta bliske sa vječnozeljenim vlažnim šumama.

I unutar ovog prostora postoje razlike u količini padavina, pa u okviru listopadnih tropskih šuma razlikujemo *monsunske šume* (gdje padne više vodenog taloga), koje su najviše zastupljene na brojnim ostrvima Indonežanskog arhipelaga (Celebes, Timor, na istočnom dijelu Jave, Indokini i Indiji na poluostrvu Dekan), *savanske šume* (sa manjom količinom padavina) (Sl.32) i *zajednice bodljikavih žbunova*. Savanske šume i zajednice bodljikavih žbunova možemo objediniti u jedan tip, te bi onda nosili zajednički naziv *kserofilne šume i žbunaste zajednice*.



Sl.32. Savana.

Izvor: http://worldstory.net/en/savana/the_savana.html

Savane pripadaju tropskom tipu zeljaste kserofilne vegetacije. Suštinski se razlikuju od stepske vegetacije, iako po fiziognomskim i nekim drugim karakteristikama imaju dosta sličnosti. Na prostoru savane nailazimo na razbacano drveće, dok se u stepama ono može naći samo na prelazu sa šumskom zonom. Najveće površine savane zahvataju u istočnom dijelu Afrike i južno od Sahare, Indiji, sjeverno od zone kišnih šuma u Južnoj Americi, središnjim dijelovima Brazilia i Australiji. Tokom cijele godine temperatura ima visoke vrijednosti (od 14 do 24°C). U sušnom periodu padne samo oko 100 mm padavina, a u kišnom znatno više, između 1000 i 1500 mm.

Visoke temperature i njihova velika kolebanja, kratkotrajni i veoma rijetki mrazevi, dugotrajni i veoma izraženi sušni periodi i mala količina padavina su

najvažnije karakteristike **zonobioma pustinjske vegetacije**. U ovoj klimatskoj zoni su izmjerene i najviše temperature na Zemlji, i to u Kaliforniji, u pustinji Dolina smrti (57°C) i u Aziji, u Libijskoj pustinji (57.7°C). Zemljiste je nedovoljno razvijeno, pjeskovito ili kamenito i samo djelimično pokriveno biljkama. Vegetacija je jednostavne strukture, a biljke pojedinačno mogu da dostignu veliku visinu. Biljke u mesnatim organima akumuliraju značajnu količinu vode. Najveća prostranstva vegetacija ovog tipa zauzima u Africi, i to na njenom sjeveru (Sahara i Libijska pustinja) i znatno manje u jugozapadnom dijelu (Namib i druge), u Arabijskoj i Centralnoj australijskoj pustinji i pustinjama Arizone i Meksika na Sjeveroameričkom kontinentu.

Zonobiom tvrdolisne drvenaste mediteranske vegetacije rasprostranjen je u prostoru karakterističnom po Mediteranskoj klimi. Na prostoru koji pokriva sredozemna klima, karakterističan je jedan sušni, veoma topao period, koji se poklapa sa ljetom, i vlažni period tokom blage zime. Juli i avgust sa srednjim temperaturama od 22 do 28°C su najtoplji i najsuvlji mjeseci. Tokom tople zime, izluči se oko 90% padavina koje su velikog intenziteta, tako da i zimi ima relativno dosta sunčanih dana. Ljeti je dužina Sunčevog sjaja (insolacija) najveća u toku godine, a oblaka gotovo da i nema.

Po tvrdolisnoj mediteranskoj vegetaciji karakteristični su prostori Portugalije, Španije, Francuske, Italije, manjeg dijela Balkanskog poluostrva, sjeverni dijelovi Afrike, Kapska oblast (na jugu Afrike), primorski dijelovi Male Azije, Kalifornija i centralni primorski dijelovi Čilea (Južna Amerika). Tvrđolisna zimzeleni vegetacija drveća i žbunova raste na crvenici. Listovi su im zimzeleni, relativno mali, tvrdi i kožasti, što doprinosi manjem gubljenju tečnosti.

Zonobiom vječnozelenih šuma na crvenkasto podzolastom zemljijuštu u prohladnoj i vlažnoj (maritimnoj) umjerenoj klimi. Karakterističan je po umjerenim, pa i niskim temperaturama, velikom relativnom vlažnošću i malim temperaturnim razlikama između zime i ljeta, u nekim područjima svega 9°C . Ovaj zonobiom na sjevernoj polulopti se prostire u uskom pojusu pored Tihookeanske obale od Kalifornije do Kanade. U ovim vječnozelenim maritimnim šumama, zastupljene su četinarske vrste *Thuja plicata*, *Tsuga heterophylla*, *Sequoia sempervirens*, *Pseudotsuga menziesii* i *Picea sitkensis*. Na južnoj polulopti su zastupljene mješovite, vječnozelene šume južnih četinara, roda *Araucaria*, *Podocarpus* i *Agathis*, kao i lišćara, roda *Nothofagus*, *Drimys*, *Eucryphia*, *Laurelia* i dr.

Zonobiom vegetacije listopadnih šuma u vlažnoj (maritimnoj ili primorskoj) umjerenoj klimi se prostire u umjerenom pojusu sjeverne polulopte, u oblastima koje su pod klimatskim uticajem Atlantskog (Evropa i Sjeverna Amerika) i Tihog (Azija i Sjeverna Amerika) okeana. Ovdje se tokom godine smjenjuju topli i hladni period u toku godine. Temperature se tokom hladnog perioda spuštaju i ispod 0°C , što pogoduje formiranju snježnog pokrivača. Tokom zimske polovine godine se izluči manje padavina. U ovim bujnim listopadnim šumama zastupljeno je drveće rodova *Fagus*, *Quercus*, *Acer*, *Carpinus*, *Fraxinus* i dr.

Zonobiom stepske vegetacije formirao se na prostorima gdje je zastupljena kontinentalna umjerena klima i gdje preovlađuje zemljište černozem. Ova tvrdolisna travna oblast se u Evropi i Aziji naziva *stepa*, a u Sjevernoj Americi *prerija*.

U sušnjim dijelovima kontinentalne klime, na prostoru Azije se izdvaja *subzonobiom kontinentalnih pustinja*. Od brojnih pustinja, svojom veličinom i značajem se ističu: Karakum, Kizilkum, Gobi, Takla-Makan, Šamo, Iransko-Turanska pustinja i druge.

Zonobiom umjerene suve klime zastupljen je u pampasima Argentine i Urugvaja. Prostor pampa je relativno malen, zbog sužavanja Južnoameričkog kontinenta u višim širinama.

Zonobiom tajgi se prostire od Skandinavije do istočnih dijelova Sibira i na sjeveru Sjeverne Amerike. To je prostor ispunjen četinarskom šumom, koja raste na podzolastom zemljištu hladne, borealno umjerene klime. Tokom zime, temperature su veoma niske, a tokom najtoplijeg ljetnog mjeseca, jula, srednja temperatura se kreće oko 10°C . Srednja godišnja količina padavina se kreće između 300 i 600 mm. Najviše padavina se izluči tokom ljeta. Zonobiom tajgi je zastupljen samo na sjevernoj polulopti.

Zonobiom tundri i polarnih pustinja prostire se na sjevernoj hemisferi, pokrivajući ogroman prostor sjevernih dijelova Europe (sjeverozapadni i sjeverni dijelovi Skandinavskog poluostrva, poluostrvo Kola i sjeverozapadni dio evropskog dijela Rusije), zatim sjeverne i istočne dijelove Azije, sjeverne dijelove Kanade, kao i sjeverne i sjeverozapadne dijelove Aljaske. Sunčevi zraci padaju pod oštrim uglom i slabo zagrijavaju površinu podloge. Trajanje zime iznosu i do 8 mjeseci. Zima je veoma hladna, a temperature padnu i do -50°C . Kraći i blaži mrazevi pojavljuju se tokom kratkog ljeta. U julu temperatura ne prelazi 10°C , ali se i ne spušta ispod 0°C .

Tokom ljeta se otkravi samo površinski sloj zemljišta, dok dublji slojevi ostaju zamrznuti. Zbog zagrijavanja vazduha pod uticajem tople Golfske struje, na sjeverozapadu Skandinavije i poluostrvu Kola nema vječno zaleđenog sloja zemljišta. Nepovoljan odnos temperature i vlage uslovjavaju mali porast biljaka u tundri. Vazduh sadrži i relativno malu količinu ugljen-dioksida, što umanjuje proces fotosinteze i proizvodnju organske materije. Biljke ovdje dostižu malu visinu (*Saxifraga stellaris* visoka svega 5.5 do 6 cm, a *Gentiana aurea* 1 do 1.5 cm).

Surovim klimatskim uslovima se prilagodio i životinjski svijet. Tundru nastanjuju irvas ili sjeverni jelen (u sjevernim dijelovima Evro-Azije *Rangifer tarandus*, a na sjeveru Sjeverne Amerike *Rangifer caribou* – američki irvas ili karibu), polarna lisica (*Canis lagopus*), polarni zec (*Lepus timidus*), leming (*Lemus lemus*), polarna sova (*Nyctea nivalis*), snježna koka (*Lagopus mutus*), labudovi, guske i drugi. Tundra je ljeti preplavljena velikim brojem komaraca, muva i obada. I pored prilagođenosti hladnijim uslovima, većina životinja se sklanja u šumske oblasti.

2.4. Voda i vlažnost

2.4.1. Voda i vlažnost

Po mnogo čemu voda je, kao jedna od četiri komponente geografske sredine, izuzetna tečnost na Zemlji. Kao univerzalni rastvarač, u stanju je da rastvori sve što sadrži čvrsto tlo. Bez vode, postojeći organizmi se ne bi mogli razvijati i opstati na Zemlji. Od svog nastanka u vodenoj sredini, živa bića su apsolutno zavisna od vode (Sl.33).

U fiziološkom i ekološkom pogledu, značaj vode za sve organizme je višestruk, jer voda:

- čini jednu od osnovnih komponenti biljnih i životinjskih ćelija,
- aktivni je učesnik procesa fotosinteze,
- omogućuje metaboličke procese,
- reguliše osmotske procese, uslijed koncentracije rastvorenih soli i
- regulator je tjelesne temperature biljaka i životinja nastanjenih na kopnu, i dr.

Ogromna većina vodenih organizama balans vode reguliše putem osmoze. Suvozemni organizmi se snabdijevaju vodom neposredno pijenjem ili unosom hrane koja sadrži vodu (većina vrsta insekata, puževi u kućicama, vodozemci, gmizavci, ptice i sisari), ali i uzimanjem (apsorbuju) iz vazduha (određeni insekti, puževi golači, vodozemci), kao i iz metaboličkih procesa (najviše masti), što je slučaj kod kamila. Od snabdijevanja vodom zavisi ukupna produkcija žive materije i rasprostranjenost organizama.



Sl.33. Voda kao univerzalna materija pokriva gotovo ¾ površine Zemlje.

<http://static.astronomija.co.rs/suncsist/planete/planetestalevski/foto/zemlja.jpg>

Rastvarajući mineralne hranljive materije u zemljištu, voda ih čini pristupačnim biljkama. Upijajući vodu uz pomoć korijena, biljke se snabdijevaju i mineralnim materijama. Fiziološka aktivnost biljaka nije moguća bez potrebne količine vode u ćelijama. Od vrste i starosti biljaka zavisi i količina vode u njima. Unutrašnje lišće salate sadrži 94.8 % vode, plod crvenog zrelog patlidžana 94.1 %, plod jabuke 84.1 %, plod šljive 76.5 %, itd. Osim prenošenja materija od korijena

preko stabla prema listovima i obratno, voda je neophodna i za djelovanje fermenta i brojne biohemiske reakcije raznih materija.

Organizmi regulišu količinu vode neophodnu za obavljanje metaboličkih procesa, razmjenjujući vodu sa sredinom u kojoj se nalaze i tako postaju dio sistema kruženja vode. Višaka vode organizmi se rješavaju preko bubrega ili drugih ekskretornih organa (organi koji regulišu količinu tečnosti, soli i drugih materija, kao i izlučivanje azotnih produkata), preko kože, putem disajnih organa i lučenjem žljezda. Kičmenjaci i insekti i drugi suvozemni organizmi su se kroz regulisanje vodnog balansa adaptirali na život u suvozemnim uslovima. Od prevelikog odavanja vode kičmenjaci su zaštićeni rožnatim slojem kože, a insekti hitinskim slojem, tako što zatvaraju stigme (dišni otvori).

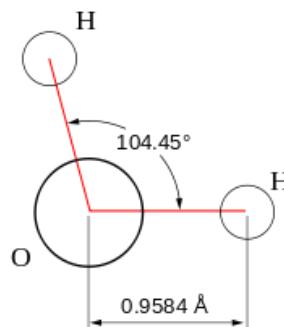
2.4.1.1. Fizičko-hemijske osobine vode, osnovne odlike i raspored prirodnih voda na Zemlji

Voda je najjednostavnija i najraširenija materija u prirodi. Odlikuje se jedinstvenim fizičko-hemijskim osobinama, što je od nemjerljivog značaja za život na Zemlji. Kao jedina materija na Zemlji, može se naći u sva tri agregatna stanja, što joj omogućuje prisustvo u atmosferi, stijenama i zemljištu. Voda se nalazi i u suvom sjemenu žitarica (raž 15.3 %, kukuruz 13.9 %, ječam 13.8 %, pšenica 13.6 %, ovas 12.9 %, i dr.).

Voda je hemijsko jedinjenje koje nastaje sagorijevanjem vodonika i kiseonika, a tim procesom se oslobađa 537.6 J/g toplove. Brzina formiranja vode zavisi od temperature (pri temperaturi od 500°C , voda nastane za 2 sata, a kod temperature od 400°C , za to treba 80 sati).

Građa molekula vode, agregatna stanja vode, gustina i viskoznost, boja, providnost, miris, ukus, termička i električna svojstva, predstavljaju fizičke osobine vode.

Građu molekula vode čini jedan atom kiseonika i dva atoma vodonika (Sl.34). U centralnom dijelu se nalazi jezgro atoma kiseonika, jezgra atoma vodonika i dva para elektrona u uglovima tetraedra, a elektroni se kreću oko jezgara atoma kisenika i vodonika.



Sl.34. Molekul vode.

Izvor:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e9/Water_molecule_dimensions.svg/200px-Water_molecule_dimensions.svg.png. Izvor: <http://bioloska.blogspot.com/2012/09/>.

Vodonikovi atomi se u molekulu vode nalaze pod uglom od 105° prema centralno postavljenom atomu kiseonika (H-O-H). Usljed jače izražene elektronegativnosti atoma kiseonika, dolazi do formiranja dvije kovalentne veze O-H i dvije hidrogenske veze. Asimetrično postavljena jezgra atoma vodonika na jednoj strani atoma kiseonika rezultiraju pojavom pozitivnog i negativnog pola naboja. Molekuli vode su zbog toga polarni i u stanju su da se međusobno privlače i prave različite veze. Vodu čine manji ili veći skupovi molekula, međusobno povezani jakim hidrogenskim vezama. Dipolarni karakter molekula vode omogućuje njihovo spajanje i, da toga nema, voda bi se na Zemljinoj površini nalazila isključivo u vidu vodene pare, a u takvim uslovima ne bi bilo, nama poznatog oblika života na našoj Planeti.

Agregatna stanja vode su u vezi sa različitim molekularnim spojevima, odnosno različiti molekularni spojevi uslovljavaju posebna agregatna stanja vode. U zavisnosti od agregatnog stanja, različito su povezani skupovi monohidrola i možemo ih prikazati po obrascu $(H_2O)_n$, pa složene molekule vode možemo predstaviti na sljedeći način:

- H_2O - *monohidrol* - molekul vodene pare,
- $(H_2O)_2$ - *dihidrol* - molekul vode u tečnom stanju i
- $(H_2O)_3$ - *trihidrol* – molekul vode u čvrstom stanju.

Pored ovih, mogući su i mnogo složeniji spojevi, gdje bi, ako primijenimo formulu $(H_2O)_n$, n moglo da ima vrijednost 4, 5, 6, 7 i dalje.

Zavisno od temperature, voda mijenja svoje agregatno stanje. Ako se temperature u sredini u kojoj se voda nalazi kreću između 0 i $100^{\circ}C$, voda može biti u tečnom ili gasovitom stanju (vodena para). Na temperaturama iznad $100^{\circ}C$, voda može biti samo u gasovitom, a ispod $0^{\circ}C$ u čvrstom stanju (led). Kada iz tečnog stanja voda prelazi u led, ona povećava svoju zapreminu za 11%. Tada se oslobađa toplota, pa se od jednog grama zaledene vode dobije 333.7 J/g, ili 79.7 gcal.

Sa promjenom temperature se mijenja *gustina vode* (zapreminska masa). Ona je jedan od najvažnijih faktora od kojih zavisi opstanak života na Zemlji. Pored temperature, njena gustoća zavisi i od sadržaja rastvorenih soli. Povišenjem temperature od njene tačke mržnjenja, gustina vode se povećava. Najveću gustinu voda ima na $4^{\circ}C$, još preciznije, $3.98^{\circ}C$. Ova osobina vode omogućuje ledu da pliva na površini vode. Bez postojanja ove anomalije (hlađenjem, tijela se skupljaju), voda u rijekama i jezerima bi se ledila od vrha do dna i u njima bi se život ugasio. Zbog nejednakе gustine, dolazi do vertikalnog strujanja i razmjene toplote u vodi po visinskim slojevima, a na taj način se obnavlja kiseonik u vodi, a mineralne materije postaju dostupne autotrofnim organizmima (alge, vaskularne biljke, cijanobakterije).

Viskoznost (otpor koji se javlja pri kretanju tečnosti, odnosno unutrašnje trenje čestica u samoj vodi), sa povećanjem gustine vode se povećava. Viskoznost vode je manja u odnosu na druge tečnosti. Sitni organizmi su naročito osjetljivi na

povećanu viskoznost vode. Životinje savlađuju otpor vode svojim oblikom i snagom mišića.

Od apsorpcije i refleksije svjetlosti zavisi *boja*, kao optičko svojstvo vode. Pored toga, u svemu tome važnu ulogu imaju i primjese koje se nađu u vodi i koje utiču i na refleksiju. Boju vode određujemo pomoću *Forell-Uhleove međunarodne skale* (Tabela 9).

Providnost vode se mjeri pomoću bijelog limenog Sekijevog kotura (prečnik 30 cm). Kotur koji ima oblik bijele ploče se spušta u vodu, sve dok se na određenoj dubini ne izgubi iz vida. *Providnost vode* predstavlja dubina na kojoj se kotur gubi iz vida. Sargaško more (Atlantskog okeana) ima najveću *providednost vode* u okviru Svjetskog mora (66.5 m). Najveću *providednost* među jezerima ima Bajkalsko jezero u Aziji, dok je u mutnim jezerima na svega 2 do 5 cm (Tabela 10).

Broj skale	Boja	Broj skale	Boja
I	Tamnomodra	XI - XII	Žučkastozelena
II	Modra	XII - XIV	Zelenožučkasta
III	Tamnoplava	XV – XVI	Mutnožuta
IV	Plava	XVII - XVIII	Mrkožuta
V - VI	Zelenkastoplava	XIX - XX	Žučkastomrka
VII - VIII	Plavičastozelena	XXI	Mrka
IX - X	Zelena		

Tabela 9. *Forell-Uhleova međunarodna skala za određivanje boje vode.*

Osobine	Opis
Miris	Bez mirisa
Ukus	Bljutav
Boja	Providna
Agregatno stanje na sobnoj temperaturi i pritisku	Tečno
Temperatura mržnjenja	0°C
Temperatura ključanja	100°C
Najveća gustina	4°C
Polarni rastvarač	Glavni medijum za prenos disosovanih jona
Gradnja klastera	Grupisanje molekula
Toplotni kapacitet	Veći od svih materija
Molekularna provodljivost toplote	Slaba
Elektroprovodljivost	Loša
Napon	Visok
Viskozitet	Nizak

Tabela 10. *Pregled specifičnih osobina hemijski čiste vode.*

Hemijski čista voda je bez *ukusa i mirisa*. Slatka voda sadrži do 0.3 promila soli, slanasta od 0.3 do 24.695 promila, dok voda koja sadrži preko 24.695 promila soli, predstavlja slanu vodu. Prijatan ukus vodi za piće daju rastvorene soli kalcijuma, magnezijuma, kalijuma i natrijuma. Voda dobija miris od materija preko kojih ona prelazi, kao i onih koje u nju padaju.

Toplotni kapacitet predstavlja količinu toploote koja je potrebna da se 1 gram vode zagrije za jedan stepen. Povećava se sa porastom temperature kod svih čvrstih i tečnih materija izuzev vode, kod koje je stanje u tom smislu drugačije. Kao osnova za računanje toplotnog kapaciteta vode, uzima se njena temperatura od 15°C. Toplotni kapacitet vode se povećava sa povećanjem temperature vode sve do 30°C. Zbog niske temperature, led ima 2680 puta manju toploprovodljivost od vode, te sa povećanjem svoje debljine znatno usporava hlađenje vodene površine koju pokriva.

Molekularna toploprovodljivost vode je slaba, te bi, na primjer, bilo potrebno 1000 godina da se voda na dubini od 300 m zagrije za svega 0.01 °C. Međutim, zagrijavanje vode po vertikali u velikim vodenim prostranstvima se dešava prenosom toploote, miješanjem vode uz pomoć vertikalnih strujanja, ili talasa izazvanih vjetrom.

Voda je u cjelini *loš provodnik elektriciteta*, što nam potvrđuje i podatak da tona vode sadrži svega 0.1 mg jona H⁺ i 1.7 mg jona OH. Koncentracija rastvorenih soli i njihova temperatura utiču na elektroprovodljivost prirodnih vode. Elektroprovodljivost vode se povećava sa povećanjem saliniteta i temperature vode, pa je slana morska voda bolji provodnik od slatke.

Osnovne fizičkohemijske karakteristike molekula vode određuju i njen kohezioni karakter, od koga zavisi protok vode naviše, kroz sudove biljke, zatim njenu sposobnost adhezije za zidove ksilemskih elemenata, što zajedno sa visokim površinskim naponom vode dovodi do kapilarnosti (55, 190). Pored nabrojanog, molekuli vode su u stanju da klize jedan pored drugog, što vodi daje nizak viskozitet. Molekuli vode se mogu miješati sa drugim tečnostima i prolaziti kroz polupropustljive membrane, pa voda ima još jednu korisnu osobinu, a to je omogućavanje procesa difuzije ili osmoze (prolazak fluida kroz membranu).

Sve prirodne vode na Zemlji sadrže gasovite, mineralne i organske sastojke, zatim čvrste čestice i mikroorganizme, iz čega proizilazi da prirodna voda nikada nije hemijski potpuno čista. Mjesta formiranja i sredine u kojoj se vode nalaze utiču na hemijski sastav voda. Postoji velika razlika u hemijskom sastavu kod morskih i kopnenih voda. Osobine vode zavise od količine i vrste sastojaka koji se nalaze u njoj.

Da bi razumjeli porijeklo vode, daćemo pregled faza kroz koje je Zemlja prošla u svom razvoju. Zemlja je prošla kroz sljedećih pet faza svog razvoja:

- Obrazovanje hemijskih elemenata (prije 5.2 do 6 milijardi godina);
- Prestanak obrazovanja hemijskih elemenata i formiranje individualnog tijela, odnosno buduće Zemlje (prije 4.5 milijardi godina);
- Diferenciranje geosfera (prije 4 do 4.5 milijardi godina);

- Obrazovanje radioaktivnih minerala (prije 3 do 3.5 milijardi godina) i
- Formiranje svjetskog mora i atmosfere (prije 2.7 do 3 milijarde godina).

Peta faza je najvažnija za formiranje vode. Molekuli vode su postojali u oblaku gasova i prašine, od čijeg je jednog dijela nastala i Zemlja. Dokaz za navedenu tvrdnju nalazimo i u činjenici da neke gigantske zvijezde imaju oko sebe toliko vodene pare, kao i Zemlja iznad svoje površine. Vinogradov (1959) je utvrdio da je voda nastala na 700 km dubine, iz stijena koje čine omotač Zemljinog jezgra. To se dešavalo procesom degazacije, kada je na Zemlji bilo aktivno hiljade vulkana. Od 7.4% vode, koliko je imala u rastvoru prvo bitna magma, na površini Zemlje u procesu rekristalizacije magme izdvojeno je 6.3% vode. Preostalih 1.1% je zarobljeno u kristalastim stijenama koje čine građu Zemljine kore. 90% vode u ukupnoj zapremini hidrosfere obrazovano je u najstarijoj eri geohronologije Zemlje (Arhaiku), dok je 10% obrazovano nakon ove ere. U našem vremenu, zahvaljujući vulanskoj aktivnosti, godišnje se iz Zemljine unutrašnjosti izbací oko 0.1 km^3 vode.

Kruženje vode se dešava u hidrosferi (vodenim omotačem koji se pruža 15 km iznad i oko 1 km ispod površine Zemlje). U hidrosferi se stalno vrši premještanje vode u gasovitom i tečnom stanju, na relaciji vodene površine – atmosfera – kopno i obrnuto, što čini jedan zatvoreni ciklus koji ne prestaje i koji nazivamo *hidrološkim ciklusom*. Sunčeva radijacija i sila Zemljine teže predstavljaju pokretačku snagu kruženja vode u prirodi. Vršeći razmjenu vode sa spoljašnjom sredinom, živi svijet postaje sastavni dio kruženja vode u prirodi (Sl.35).

Godišnje sa okeana, jezera, rijeka, lednika, snježnog i biljnog pokrivača, ispari oko $518\,600 \text{ km}^3$ vode. Sa mora i okeana ispari najviše vode ($447\,000 \text{ km}^3$ vode – 86.4 %), a sa kopna $70\,700 \text{ km}^3$ (13.6 %). Devet desetina vode koja ispari sa svih okeana i mora izluči se na njih. Vodena para koja ispari s kopna i jedna desetina isparene morske vode, dio su velikog kruženja vode: *more – atmosfera – kopno – more*.

U literaturi nailazimo na mnoštvo podjela prirodnih voda. Prirodi ovog udžbenika najviše odgovara podjela *prirodne vode prema porijeklu* na:

- atmosferske,
- površinske i
- podzemne.

Grupi *podzemnih voda* pripadaju sve vode u tečnom (led) i gasovitom (vodena para) stanju, koje su smještene u šupljinama, pukotinama i porama stijena koje su sastavni dio Zemljine kore, kao i u prirodnim rezervoarima koji se nalaze ispod topografske površine. One mogu doprijeti do velikih dubina od 5 km, pa i dublje. Upijanjem i poniranjem atmosferske vode (*vadozne podzemne vode*) i sintezom kiseonika i vodonika iz magme (*juvenilne podzemne vode* – *juvenilis* = mladalački), nastaju podzemne vode. Danas procjenjujemo da količina podzemne vode do 16 km iznosi $400\,000\,000 \text{ km}^3$, odnosno 19% od ukupne količine svih voda na Zemljici.



Sl.35. Kruženje vode u prirodi.

Izvor: <http://ga.water.usgs.gov/edu/graphics/watercycleserbian.jpg>.

Svu vodu koja se nalazi u morima, jezerima i rijekama ubrajamo u *površinske vode*. One nastaju izlučivanjem padavina iz atmosfere na površinu Zemlje.

Vodena para i padavine koje se formiraju u nižim dijelovima atmosfere (troposfera) pripadaju *atmosferskoj vodi*. Veću pažnju ćemo posvetiti atmosferskoj vodi u narednom poglavljju.

Kruženje vode možemo izraziti i količinski i na taj način dobijemo bilans. *Vodnim bilansom*, dakle, nazivamo količinu vode koja u kružnom kretanju dospije i napusti posmatrano područje (Tabela 11).

Cijela Zemlja ili njen dio	Površina (F) $\times 10^6 \text{ m}^3$	Padavine (P) $\times 10^3 \text{ m}^3$	Isparavanje (E) $\times 10^3 \text{ m}^3$	Oticaj (Q) $\times 10^3 \text{ m}^3$
Zemlja	510	577	577	-
Okeani	361	458	505	47
Kopno	149	119	72	47

Tabela 11. Vodni bilans za planetu Zemlju. Po Ljvoviču, 1974.

Zahvaljujući spiranju sa okolnog zemljишta, ili donošenjem hranljive materije putem vodotoka, dolazi do *eutrofikacije* vodenih sistema. Voda obogaćena nitratima i fosfatima i drugim neorganskim jedinjenjima pomaže ubrzati rast i razmnožavanje autotrofnih organizama. Manje povećanje dotoka hranljivih materija dovodi do pozitivnog rasta pomenutih organizama, a preveliki može biti poguban za njih. U mineralno siromašnim vodama – *oligotrofne vode* - taj proces se sporije odvija.

Prirodna voda je neravnomjerno raspoređena na Zemlji. Morskom i okeanskim vodom pokriveno je nešto manje od tri četvrtine Zemljine površine (oko 71%). Od procijenjenih 2100 miliona km³ vode na Zemlji, 65.2% (1 370 000 000 km³) otpada na mora i okeane, 24 000 000 km³ (1.2%) se nalazi u tekućim vodama, jezerima, močvarama i lednicima na kopnu, 400 000 000 km³ (19%) u Zemljinoj kori i 306 000 000 km³ (14.6%) u atmosferi (Tabela 12).

OBLAST	KOLIČINA	%
Svjetsko more	1 373 000 000km ³	65.2
Površinske kopnene vode	24 000 000 km ³	1.2
Zemljina kora	400 000 000 km ³	19
Atmosfera	306 000 000 km ³	14.6
Ukupno	2 100 000 000 km ³	100

Tabela 12. Rasprostranjenost prirodnih voda na Zemlji (T. Rakićević, 1971).

Od brojnih klasifikacija prirodnih voda, izdvajamo još jednu:

- Morske ili slane (sva voda u morima i okeanima),
- Brakične ili slano-slatke,
- Kopnene ili slatke (jezerske, riječne, podzemne, izvorske, mineralne) i
- Meteorske (kišnica, snijeg, led).

Nabrojane i druge vode su sastavni dio neprekidnog sistema kruženja vode, od isparavanja sa vodenih površina, kondenzacije i izlučivanja padavina i oticanja vode. U pomenutom sistemu, svoje mjesto imaju i sva živa bića, koja su, kako je već napomenuto, sastavni dio kruženja vode u prirodi. Kruženje vode u prirodi omogućuje povezanost sve vode u jedinstven voden omotač - hidrosferu.

Na kopnu postoje oblasti u kojima je godišnja količina padavina veća od isparavanja (*vlažna* ili *humidna oblast*), kao i oblasti u kojima isparavanje nadmašuje godišnju količinu padavina (*suva* ili *aridna oblast*). Neke oblasti primaju dva puta više padavina od količine koja ispari, pa ih nazivamo *ekstremno vlažnim* ili *perhumidnim*, za razliku od *ekstremno suvih* ili *peraridnih*, u kojima je količina isparene vode dva puta veća od ukupne količine padavina.

2.4.1.2. Samoprečiščavanje vode

Autopurifikacijom, ili *samoprečiščanjem*, voda kroz prirodne procese održava do određene granice potrebni kvalitet. Autopurifikaciju omogućavaju živi organizmi koji žive u vodi i koji u njoj formiraju jedinstvenu biocenozu. Autotrofni organizmi stvaraju organsku materiju, a heterotrofni je razgrađuju. Sa održavanjem prirodne ravnoteže, omogućen je i proces samoprečiščavanja vode.

2.4.2.

Voda i vodena para u atmosferi

2.4.2.1. *Isparavanje vode i vlažnost vazduha*

Usljed zagrijavanja vodenih površina, zemljišta i živog svijeta, dolazi do odvajanja pojedinih molekula vode i *isparavanja* ili *evaporacije*, odnosno procesa prelaženja vode iz tečnog u gasovito stanje. Ovaj proces nazivamo i *fizičkim isparavanjem*. Voda u gasovitom stanju (vodena para) je nevidljiva i bez mirisa. Ona se miješa sa gasovima i lakša je od vazduha. Odnos težine vodene pare i gasova u atmosferi je 0.622 prema 1000. Sa povećanjem koncentracije vodene pare u vazduhu, on postaje vlažniji i lakši.

I biljlke isparavanjem odaju veliku količinu vodene pare. Isparavanje biljaka nazivamo *transpiracija*. Količina isparene vode kod biljaka zavisi od vrste, starosti i gustine biljaka na određenom prostoru, kao i od osobina tla i njegovog mehaničkog i hemijskog sastava, vodenog režima tla, i sl. Površina tla pokrivena travom (livada) tri puta više isparava od iste površine bez vegetacije. Isparavanje je još intenzivnije ako se vrši na šumskim prostorima. Iz šuma ispari ista količina vode kao iznad mora koje se nalazi na istim geografskim širinama.

Intenzitet transpiracije se mijenja tokom godine i povećava se porastom brzine vjetra. Isušivanje biljnog pokrivača naročito je intenzivno kada na određenom prostoru duvaju suvi fenski vjetrovi. Njihovo dejstvo, kada duže duvaju, može da dovede do uginuća biljaka. Umanjenje ili sprečavanje njihovog negativnog dejstva postiže se podizanjem vjetrozaštitnih pojaseva.

Najveći uticaj na isparavanje vode imaju temperatura i vlažnost vazduha. Do isparavanja vode dolazi i pri najnižim temperaturama, ali sa njihovim povećanjem raste i isparavanje. Sa povećanjem vlažnosti vazduha, isparavanje je manje, jer vlažan vazduh može da primi manju količinu vodene pare od suvog. Kada je viši vazdušni pritisak, isparavanje je manje. Kada duva vjetar, on odnosi vodenu paru iznad površina isparavanja i time ubrzava isparavanje. Pored nabrojanih, na isparavanje utiču i drugi faktori: reljef, biljni pokrivač, boja zemljišta, dubina podzemne vode i drugo.

Sa vodenih površina, zemljišta, lista i sl., praktično isparava veoma tanak sloj vode u vidu mikrofilma. Ukupno isparavanje sa lista je mnogo složenije nego sa drugih površina, jer se fizičkom isparavanju priključuje fiziološko isparavanje ili *transpiracija*, pa smo ovaj proces nazvali *evapotranspiracija*.

Od temperature vazduha zavisi koju će količinu vodene pare biti u stanju da primi, odnosno koju će vrijednost imati *vlažnost vazduha*. Tako će metar kubni vazduha, u zavisnosti od njegove temperature, moći da primi količinu vodene pare kako slijedi:

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	-30	-20	-10	0	10	20	30
Vodena para (g/m^3)	0.38	0.94	2.15	4.57	9.14	17.36	31.51

Za vazduh koji u određenom momentu primi najveću količinu vodene pare koja je tada moguća za njega, kažemo da je *zasićen vodenom parom*. Sa dalnjim zagrijavanjem, on će biti u stanju da primi još vodene pare. Kada se vazduh sa povećanom količinom vodene pare rashladi, on postaje *prezasićen vodenom parom* i vodena para se zgušnjava i prelazi u vodene kapljice. Temperatura pri kojoj vodena para prelazi u tečno stanje predstavlja *temperaturu rosne tačke*, ili, još kraće - *rosnu tačku*.

Potrebno je izdvojiti određene parametre koji nas upućuju na ulogu vodene pare u životu organizama. Tako *pritisak ili napon vodene pare* predstavlja napon vodene pare u vazduhu, a izražavamo ga u milimetrima živinog stuba. U zimskoj polovini godine i sa povećanjem nadmorske visine, napon vodene pare je niži.

Apsolutna vлага predstavlja količinu vodene pare koju sadrži jedan m³ vazduha. U nižim geografskim širinama, iznad vodenih površina, na manjim nadmorskim visinama i tokom ljeta, ona je veća, što je u skladu sa osobinom vazduha da sa povećanjem temperature može da primi i veću količinu vodene pare.

Pojam relativna vlažnost češće je u upotrebi u svakodnevnom životu. Predstavlja odnos apsolutne vlage, odnosno stvarne količine vodene pare koju u datom momentu vazduh sadrži, i maksimalno moguće vlage koju bi mogao da primi pri datoј temperaturi da bi bio zasićen. *Relativna vlažnost predstavlja stepen zasićenja vazduha vodenom parom*. Pri izračunavanju vlažnosti, služimo se procentima i pri tome koristimo sljedeći obrazac:

$$r = e/E \times 100$$

Pri čemu je:	r – relativna vlažnost
	e – apsolutna vлага
	E – maksimalno moguća vlažnost

Relativnu vlažnost od 0% ima potpuno suv vazduh, a vazduh zasićen vodenom parom 100%. Relativna vlažnost ljeti se na planinama povećava sa visinom, a zimi smanjuje. Ako posmatramo vlažnost vazduha kroz godišnja doba, vidjećemo da je ona u nižim terenima najveća zimi, a najmanja ljeti.

Deficit zasićenosti (D), pored relativne vlažnosti, spada u red, za biljni svijet, najvažnijih veličina kojima izražavamo vlažnost vazduha. On se dobije kada se od apsolutno moguće vlažnosti (E) oduzme vrijednost apsolutne vlage ($D = E - e$).

Suvi vazduh, ali i prezasićenost vazduha vodenom parom, negativno djeluju na biljke, što najviše zavisi od faze razvića biljaka. Biljke intenzivnije troše vodu i povećavaju intenzitet transpiracije pri *suvom vazduhu*. Kada biljke nisu u mogućnosti da pojačanu potrošnju vode nadoknade iz zemljišta preko korijena, one venu, a sa dužim prisustvom suvog vazduha dolazi do njihovog uginuća. U periodu cvjetanja i nalivanja zrna kod gajenih biljaka, niska vlažnost vazduha dovodi do smanjenja prinosa i kvaliteta plodova. *Povećana vlažnost* tokom perioda cvjetanja, ometa otvaranje prašnika, kao i prenošenje cvjetnog praha uz pomoć vjetra i insekata oprasivača. Povećana vlažnost, posebno pri topлом vremenu, omogućuje razvoj i širenje gljivičnih biljnih bolesti i određenih biljnih štetočina.

Kod kopnenih organizama, vlažnost vazduha u velikoj mjeri utiče na razmjenu vode sa spoljašnjom sredinom. Veoma je važna njena uloga vezana za

rasprostranjenje, razmnoža-vanje, razviće i dužinu života kod organizama. Prema sposobnosti održavanja ravnoteže primanja i gubljenja vode iz svoga tijela (kontrolisanje procesa primanja i odavanja - gubljenja vode), kopnene biljke dijelimo na *poikilohidrične* i *homojohidrične biljke*.

Poikilohidrične biljke (gr. *poikilos* = različit, promjenljiv) odlikuju se promjenljivom vlažnošću svoga tijela i veoma su zavisne od vodnog režima spoljašnje sredine. Pripadaju im jednostavne i evolutivno najstarije biljke na kopnu, kao što su alge, lišajevi, mahovine i paprati i oko 60 vrsta sekundarno poikilohidričnih cvjetnica.

Homojohidrične (gr. *homoios* = jednak) biljke preovladavaju u vegetaciji Zemlje. Zahvaljujući razvoju korjenovog sistema, ćelijskih struktura (vakuola) i specifičnih fizioloških adaptacija, tijelo ove grupacije biljaka ima relativno stalnu vlažnost. Homojo-hidrične biljke su karakteristične po ekonomičnosti trošenja vode i zato su, uglavnom, nezavisne od promjena vlažnosti koje se dešavaju u spoljašnjoj sredini.

Bez sadejstva sa temperaturom vazduha, uticaj vlažnosti na čovjeka ne može se posmatrati. Temperatura vazduha od 20°C i relativne vlažnosti vazduha od 60% predstavljaju optimalne uslove za život čovjeka. Visoka temperatura i velika vlažnost (omorina) utiču na otežano disanje i usporavaju refleks. Takođe, i u uslovima vlažne hladnoće, neprijatno se osjećaju i zdrave osobe. Pojave upale grla, reumatizma, bronhitisa i astme su karakteristične za uslove vlažne hladnoće. U uslovima dugotrajnih magli, dolazi do povećanja broja grudnih oboljenja, pogotovo kada magle prijeđu u smog. Tijelo čovjeka lakše podnosi suv i topao vazduh od vlažne vrućine.

2.4.2.2. *Padavine*

Padavinama ili *hidrometeorima* nazivamo sve oblike izlučene vodene pare koji dospijevaju na Zemljino površinu u tečnom ili čvrstom stanju. Kiša, snijeg, grad, sugradica, krupa i ljutina dospijevaju na površinu zemlje iz oblaka, iz visine, pa ih nazivamo *visokim padavinama*. I oblici koji se obrazuju neposredno na površini Zemlje kondenzacijom ili sublimacijom (rosa, slana, inje i poledica) se nazivaju *padavinama*. Pošto nastaju nisko nad podlogom, nazivaju se *niske padavine*.

Kondenzacijom i sublimacijom vodene pare formiraju se **oblaci**. Obrazuju se pri zemlji (magla – prizemni oblak), ili na većim visinama (oblaci). U prizemnom sloju vazduha, od sitnih kapljica kondenzovane vodene pare, nastaje *magla* (predstavlja zamućenost vazduha pri površini Zemlje, pri čemu njegova vidljivost nije veća od 1 km). Vidljivost je kod guste magle manja od 200 m, a kod sumaglice je veća od 1 km. Oblak i magla suštinski se ne razlikuju. Magla predstavlja prizemni oblak.

Oblaci se formiraju u slobodnoj atmosferi. Čine ih vodene kapi i kristalići leda. Da bi se oblak mogao formirati u vazduhu, mora postojati dovoljna količina vodene pare, dovoljno niska temperatura i kondenzaciona jezgra. *Oblačnošću* nazivamo pokrivenost vidljivog dijela neba oblacima. Oblačnost se određuje

okularno i izražava u desetinama neba pokrivenog oblacima. Kada je oblačnost 10, tada je nebo potpuno pokriveno oblacima, a kada je 4, tada je četiri destine neba pokriveno oblacima, dok pri oblačnosti koja ima vrijednost 0, oblaka na nebeskom svodu uopšte nema. S obzirom na veličinu oblačnosti, dani mogu biti vedri (oblačnost manja od 2.0), oblačni (oblačnost ima vrijednost između 2.0 i 8.0), i tmurni (oblačnost veća od 8.0).

Padavine svrstavamo u grupu najznačajnijih klimatskih elemenata neophodnih za život biljaka. Godišnja količina padavina, kao i njihov intenzitet tokom vegetacionog perioda, veoma su značajni za rast i razviće biljaka. Upijanje (apsorbovanje) padavina u zemljištu zavisi od njegovih fizičkih osobina, stepena zasićenosti vlagom i nagiba zemljišta, trajanja i intenziteta padavina, biljnog pokrivača, itd.

Kišom nazivamo vodene kapljice prečnika između 0.5 i 0.8 mm. Ona je najčešći i najvažniji oblik visokih padavina. Njena pravovremenost, trajnost i osrednji intenzitet pozitivno utiču na biljke. Dugotrajne padavine i padavine velikog intenziteta dovode do prekomjerne vlažnosti zemljišta, spiranja polenovog praha, spiranja i razblaživanja nektara, pospješivanja i pojave različitih bolesti, sabijanja zemljišta i narušavanja njegove strukture i drugo.

Grad čine ledena zrna prečnika 5 do 50 mm, koji pada ljeti pri jakoj oluji i nevremenu iz oblaka kumulonimbusa. Njegovo negativno dejstvo ogleda se u nanošenju mehaničkih povreda biljkama. Štete koje grad nanosi biljkama zavise od intenziteta, dužine trajanja i veličine zrna grada, kao i od vrste biljaka, faze razvića, vremenskih prilika prije i poslije padanja grada, i sl. Grad nanosi i indirektne štete biljkama, jer su oštećene biljke manje otporne na različite bolesti.

Snijeg nastaje direktnim prelaženjem vodene pare u čvrsto stanje (sublimacija). Nakon spuštanja temperature vazduha ispod 0°C, sublimacija nastaje odmah, ali je ona intenzivnija tek na temperaturama ispod –12°C. Snijeg u planinskim predjelima pri niskim temperaturama pada u vidu štapića, iglica ili pločica i nazivamo ga *ljutina*. Krajem jeseni i početkom proljeća i uopšte, pri nešto toplijem vremenu, snijeg i kiša mogu zajedno padati, te ovakav oblik padavina nazivamo *susnježica*.

Rosa, od svih padavina koje se formiraju u prizemnom sloju atmosfere, ima najveći značaj. Prosječno, u toku noći bude 0.1 do 0.3 mm rose, a u toku godine između 10 i 50 mm. Najveće količine rose se formiraju unutar biljnog pokrivača, jer u njemu se nalazi i najviše vodene pare. Tokom sušnih perioda, rosa ima najveći značaj. Često se dešava da pod uticajem rose, biljke koje su počele da venu tokom dana, obnove turgor i životnu sposobnost. Uloga rose je veoma važna u vrijeme radijacionih mrazeva, kada se pri njenom obrazovanju oslobađa latentna toplota, koja značajno usporava dalji pad temperature vazduha. Negativno djelovanje rose na biljke se dešava kada su temperature povoljne, a velika je vlažnost, te pokvašeni dijelovi biljaka dolaze pod udar različitih gljivičnih bolesti.

Tokom zime, kada su temperature vazduha ispod 0°C, formira se snježni pokrivač. Snježni pokrivač ima veliki značaj na osobenosti životnih staništa, tako što vrši:

- uticaj na sastav prizemnih slojeva vazduha, jer remeti normalnu razmjenu gasova između tla i prizemnog sloja atmosfere, ali i apsorbuje azotna jedinjenja, pa predstavlja izvor prirodnog gnojiva za tlo koje natapa;
- uticaj na providnost vazduha, jer pahuljice pri svom padanju apsorbuju prašinu i štetne gasove po ljudsko zdravlje;
- uticaj na termički režim prizemnih slojeva vazduha zbog albeda, pa je i temperatura snježnog pokrivača najčešće niža od temperature tla i nižih slojeva vazduha;
- uticaj na vazdušni pritisak i vlažnost vazduha. Iznad snježnog pokrivača, vazduh je hladan i gust, što utiče na pojavu kvazistacionarnih anticiklona i prodiranje hladnog vazduha sa tih prostora prema nižim geografskim širinama;
- uticaj na hidrološke procese, tako što akumulira vlagu za određeni vremenski period;
- uticaj na privredne djelatnosti, kao što je: porast prinosa žitarica, postepeno topljenje i time ravnomjernije popunjavanje brana za hidroakumulacije, ometanje sobraćaja, priticaj ogromnih količina vode u riječna korita i izazivanje poplava prilikom naglog topljenja, i sl.

Veliki značaj snježnog pokrivača u životu biljaka ogleda se u sljedećem:

- Velika količina vazduha, koji je loš provodnik toplotne, u šupljinama snježnog pokrivača utiče na njegovu osobinu izvanrednog toplotnog izolatora.
- Efikasno štiti sadnice i ponik drvenastih vrsta, voćke, vinovu lozu i višegodišnje trave od smrzavanja.
- Važan je izvor vlage za šumsko i livadsko zemljište i oranicu.

Međutim, snijeg može i negativno da djeluje na biljke kroz:

- Iznurivanje ili gladovanje biljke, jer je temperatura ispod pokrivača iznad 0°C, što omogućuje biljkama da vrše disimilaciju.
- Ugušivanja usjeva uslijed nedostatka kiseonika, posebno u slučaju da se na površini snježnog pokrivača nalazi ledena kora.
- Lomljenja grana drveća pod težinom snijega.
- Kasnijeg počinjanja proljećnih poljoprivrednih radova ako se snježni pokrivač dugo zadržava.
- Izlučivanje snijega u rano proljeće kada je vegetacija već krenula.
- Pružanje zaštite brojnim štetočinama.

U velikim gradovima i industrijskim oblastima, kiša i snijeg pročišćavaju vazduh pun čestica dima, prašine i bakterija. Raspoloženje i kod zdravih osoba je lošije za vrijeme dugotrajnih kiša i tmurnog vremena, a kod nervno nestabilnih osoba, karakteristična su psihički depresivna stanja. Izazivajući poplave, obilne padavine posredno utiču na pojavu bolesti, kao što su epidemija trbušnog tifusa, dizenterije i drugih crijevnih oboljenja.

2.4.2.3. Životne forme biljnih i životinjskih organizama u odnosu na vodu

Različiti tipovi *biljaka* mogu se naći na istom prostoru gdje rastu jedne pored drugih. U prirodi postoje različiti načini njihovog prilagođavanja vodenim i drugim uslovima sredine, pa je, na određeni način, došlo do specijalizacije pojedinih životnih formi biljaka u prilagođavanju vlažnim uslovima staništa. Stepen vlažnosti nije jedini faktor koji djeluje na prilagođavanje biljaka spoljašnjoj sredini, ali je on, svakako, jedan od najvažnijih. U osnovi možemo, uzimajući u obzir posebnost prema vodnim odnosima biljnih tkiva i organa, izvršiti kategorizaciju biljaka na:

- A) Vodene (akvatične) i
- B) Suvozemne ili nadzemne, odnosno terestrične biljke.

Snabdijevenost vodene sredine gasovima i prisutnost dovoljnog intenziteta svjetlosti su najvažnija pitanja opstanka *hidrofita* (čitave potopljene u vodi). Ovdje se, kao sekundaran problem, nameće pitanje primanja i odavanja vode. Biljke koje naseljavaju slane i slatke vode: alge, vodene mahovine (naročito u okviru rodova *Bryum*, *Drepanocladus*, *Fontinalis*, *Hypnum*, *Meezia* i dr.), određen broj papratinica (naiznačajnije vrste iz rodova *Pilularia*, *Salvinia*, *Marsilea*, *Isoetes*, *Azolla*) i veliki broj cvjetnica, nazivamo *hidrofitama* (*vodene biljke*). Ove biljke se mogu naći i na kopnu, ali im se tada korjenovi nalaze u prevlažnom zemljištu, koje je nepodesno za druge biljke.

S obzirom na potpunu ili djelimičnu uronjenost u vodu, vodene biljke dijelimo na sljedeće tipove:

- a) *submerzne biljke* (potpuno potopljene u vodu) ili vodene biljke u užem smislu;
- b) *flotalne biljke* (to su plivajuće biljke, ili im je lišće na površini vode i pliva, a ostali dijelovi su pod vodom) i
- c) *emerzne biljke*.

Suvozemne biljke naseljavaju prostore sa veoma promjenljivim životnim uslovima. Kod ovih biljaka, najvažnije životno pitanje se odnosi na vodni režim i održavanje balansa primljene i odane vode. S obzirom na vodni režim, suvozemne biljke dijelimo na:

- a) higrofile;
- b) mezofite i
- c) kserofite.

Higrofile su prilagođene veoma vlažnim staništima. Ove biljke (čine prelaz prema hidrofitama) imaju najmanju otpornost na sušu od svih suvozemnih biljaka. Njihov korijen je slabo razvijen, plitak i nerazgranat. Takođe, karakteristične su i po velikim, tankim i nježnim listovima. Vrlo su osjetljive na promjene vodnog režima. Pri smanjenom vodosnabdijevanju, ove biljke relativno brzo i lako venu, a životne funkcije im se usporavaju. Dijelimo ih na dvije podgrupe, i to:

- šumske higrofite (nastanjuju vlažne spratove vječnozelenih tropskih i listopadnih šuma umjerene)
- higrofite vlažnih livada (higrofite otvorenih staništa, gdje je zemljište jako natopljeno vodom).

Mezofite nastanjuju (predstavljaju prelaz od higrofita ka kserofitama) umjereno vlažna i umjereno osvijetljena staništa. Ove biljke intenzivno vrše transpiraciju, održavaju povoljnu temperaturu listova i obezbjeđuju značajnu količinu biomase. One ne podnose veliki deficit vlažnosti, kao ni ekstremne temperature. Građa listova posjeduje prelazne osobine između higromorfnih i kseromorfnih karakteristika. Veći dio drveća i kulturnih biljaka, brojne korovske biljke i proljećne efemeroide (geofite) pripadaju mezofitama. Tipične mezofite, koje se nalaze u sastavu livadskih trava, su: crvena djjetelina (*Trifolium pratense*), mačji rep (*Phleum pratense*) i ježevica (*Dactylis glomerata*).

Osmotski pritisak čelijskog soka u nedostatku vode kod mezofita je niži nego kod kserofita, a viši nego što je to slučaj kod higrofita. To je razlog što mezofite brže venu od kserofita, a sporije od higrofita.

Kserofite su karakteristične za stalno sušne (pustinje) ili povremeno sušne (savane, stepne, mediteranske oblasti, planinski kamenjari) prostore. One su prilagođene neredovnom snabdijevanju potrebne količine vode i mogu da podnesu dugo trajanje vazdušne i zemljišne suše.

Neke anatomsко-morfolоšке karakteristike omogućuju kserofitama da se prilagode uslovima nepovoljne vlažnosti. Na osnovu tih svojstava, izdvajamo dvije podgrupe:

- sukulentе i
- sklerofite.

Sukulente (Sl.36) se odlikuju sočnim i mesnatim tijelom. Ove višegodišnje biljke posjeduju veoma razvijen parenhim, pogodan za rezervisanje vode u listu (*Aloe*, *Agave* i sl.), ili u stablu (kaktusi). Sukulentna vegetacija preovlađuje u pušnjama Centralne Amerike (kaktusi) i jednim dijelom Južne Afrike (mlječike).

Stepen vlažnosti staništa ima veoma značajno *formativno djelovanje* kod biljaka. To se najlakše primjećuje na nadzemnim dijelovima biljke, a pogotovo listovima. U odnosu na vlažnost u staništima, jasno se na listovima razlikuje higromorfnna, mezomorfnna i kseromorfnna građa. Značajan udio u svemu tome ima i kvalitet i intenzitet svjetlosti na prostorima na kojima biljke uspijevaju, pa se kseromorfni listovi odlikuju heliomorfnom strukturon (istovremeno su i *listovi svjetlosti*), mezomorfni listovi istovremeno i *listovi sjenke* ili skiomorfni listovi.

Navedene razlike se mogu primijetiti i na jednoj istoj biljci. One se susreću kod brojnih biljaka, posebno mezofita, kod kojih su gornji listovi kseromorfniji od donjih (gornji listovi dobijaju manje vode od donjih). Pored toga, donji listovi se nalaze u uslovima veće vlažnosti, a i zaštićeniji su od Sunčeve svjetlosti drugim listovima.



Sl.36. *Aloe vera - primjer sukulентne biljke.*

Izvor: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Starr_011104-0040_Aloe_vera.jpg/240px-Starr_011104-0040_Aloe_vera.jpg

Životinjske organizme, prema potrebama za vlagom, odnosno tome da li žive u sredini sa manjim ili većim stepenom vlažnosti, dijelimo na:

1. Higrofilne,
2. Mezofilne i
3. Kserofilne.

Kserofilne životinjske vrste nastanjuju sušne predjele na Zemlji. Njima pripadaju insekti (kukuruzna i repina pipa, repin moljac, marokanski skakavac, žitna korjenova vaš, i dr.), sisari, ptice, određene vrste puževa i gmizavci. Osnovni ekološki problem kserofilnih oblika je zaštita od suvišnog gubljenja vode. Insekte od prekomjernog isparavanja vode štite hitinski omotač i sloj voska. Reptilima i pticama zaštitu od isparavanja omogućavaju rožni sloj pokožice i odsustvo kožnih žlijezda. Kserofilni puževi su, zahvaljujući čvrstoj ljušturi i mogućnosti zatvaranja sekretom njenog otvora, zaštićeni od prevelikog gubitka vode.

Zatvaranjem stigmálnih otvora, kserofilni insekti sprečavaju gubitak tečnosti. Da bi se zaštitile od prekomjernog gubljenja vode, neke kserofilne vrste izlučuju suvi izmet (ptice, insekti, reptili), suvi sekret, sklanjaju se ispod površine tla ili vode noćni život, ulaze u fazu mirovanja u vrijeme velike suše, uzimaju sočnu hranu (skakavci, cvrčci, stjenica *Pyrrhocoris*), ili stvaraju metaboličku vodu (kamila, kserofilni insekti).

Higrofilne životinje posjeduju slabo razvijenu zaštitu od prekomjernog isparavanja, pa se mogu održati jedino u vlažnoj sredini (šumska stelja, vlažna zemlja, itd.). Kišna glista, kukuruzne sovice, kukuruzna zlatica, kukuruzni plamenac, rovac, skočibube, i dr., pripadaju ovoj skupini. Kod određenih

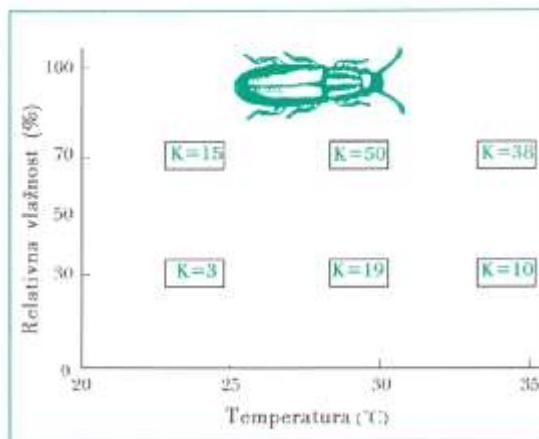
higrofilnih životinja, aktiviraju se adaptivni mehanizmi pri uslovima nepovoljne vlažnosti. Oni im omogućuju preživljavanje na određenim stadijumima razvića. Ovoj ekološkoj skupini, pored drugih, pripadaju puževi golači, kišne gliste, nematode, vodozemci, larve skočibuba, mokrice. Higrofilna skupina životinja loše podnosi promjene vlažnosti sredine.

U *mezofilnu životinjsku grupu* svrstavamo najveći broj suvozemnih životinja. Manjak vode ove životinje nadoknađuju pijenjem i uzimanjem hrane koja je bogata vodom. Mezofilna grupa, u koju spada najveći broj suvozemnih životinja, predstavlja prelaz između higrofilnih i kserofilnih vrsta.

Na ponašanje, brojnost, fekunditet, brzinu razvića, dužinu života i smrtnost suvozemnih životinja utiče i vlažnost vazduha.

Birajući mjesta sa odgovarajućom vlažnošću, pojedine životinske vrste raspoređene su mozaično na prostoru svoga nastanjenja. Pokreti prema lokacijama sa najpovoljnijom vlažnošću nazivaju se *higrotaksije*. Tako suvozemna mokrica (*Porcellio scaber*), kada se nalazi na vlažnom mjestu, postaje nepokretna, a na suvom se aktivno kreće. Komarac malaričar (*Anopheles*) bira mesta između 90 i 95% vlažnosti.

U periodu s padavinama i nešto nižom temperaturom, *brojnost* lisne sovice (*Mamestra*) je najveća. Kada se vlažnost vazduha poveća iznad 85%, aktivnost mrke livadske žabe i močvarne mrke žabe se intenzivira. Brojnost lisnih vaši kod gajenih biljaka znatno umanjuju pljuskovite kiše praćene vjetrom (Sl.37).



Sl.37. Uticaj združenog dejstva temperature i vlažnosti. Po Breweru, 1994.

Fekunditet (plodnost) kod mnogih životinja u vezi je sa vlažnošću vazduha. Ženka kukuruznog plamenca (*Ostrinia nubilalis*) kod vlažnosti vazduha od 95% položi između 200 i 250 jaja, a kada je relativna vlažnost 75%, položi svega 30 do 40 jaja. Sa povećanjem vlažnosti, pirinčani žižak polaže i više jaja, a prestaje ih polagati kada se vlažnost spusti na 10%. Ženka putničkog skakavca polaže najveći broj jaja pri relativnoj vlažnosti od 70%, ali kada je relativna vlažnost vazduha 40%, ona ne polaže jaja.

Pri istim temperaturama, a sa povećanjem vlažnosti, raste i *brzina razvića*. Nimfe skakavca *Locusta migratoria* najbrže se razvijaju kod vlažnosti od 70%, dok se njihovo razviće usporava na većoj vlažnosti. Međutim, domaća stjenica i vuneni moljac odstupaju od ovog pravila. Oni posjeduju vodonepropusnu opnu, pa vlažnost nema uticaja na brzinu razvića jaja.

Dužina života i smrtnost suvozemnih organizama zavise od vlažnosti sredine. Ako organizmi prekomjerno gube vodu iz svoga tijela, mogu da uginu. Dužina života kod buve prenosnika kuge (*Xenopsylla cheopis*) direktno je proporcionalna sa povećanjem vlažnosti vazduha. Ova bolest se teško može održati pri deficitu zasićenosti vlagom iznad 8 mm i temperaturi vazduha iznad 26.6°C. Sa porastom vlažnosti vazduha, povećana je smrtnost jaja i lutki insekta *Tribolium confusum*, a kod larvi je obrnuto stanje.

Na život životinja *vodenih talozi* vjerovatno više *posredno* utiču nego neposrednim djelovanjem. Kretanje i razmnožavanje pustinjskog skakavca *Schistocerca gregaria* zavisi od količine vodenog taloga. Povećanje gustine populacije i optimalan razvoj jaja sa najmanje smrtnosti dešava se pri vlažnosti zemljišta od 100% i temperature od 30°C. U godinama sa najvećom količinom taloga, raste i brojno stanje populacije pustinjskog skakavca.

Godine sa sušnim ljetima pogodnije su za razvoj kukuruznog crva (*Diabtotica virgifera*), jer uša ne predstavlja prepreku za ishranu, parenje i polaganje jaja. Porast gustine populacije, širenje i pojačane štete zabilježene su na našim prostorima nakon 1990. godine, kada je ova štetočina uneta na prostore bivše Jugoslavije. Uticući na klijanje korova u stepskim predjelima, jesenja kiša posredno doprinosi povećanju brojnosti populacije miša humkaša (*Mus musculus hortulanus*) koji se njima hrani.

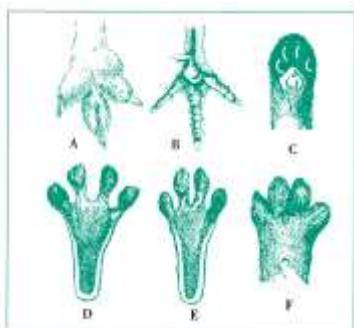
Smrtnost sitnih glodara za vrijeme obilnih kiša koja doprinosi plavljenju njihovih jazbina, veća je. U našim krajevima, proljećne kiše izazivaju poplave, pa glodari, ukoliko ne uspiju da se sklone, stradaju od njih. Jake kiše su velika prijetnja za naraštaj metlice (*Loxostege sticticalis*), zbog odnošenja zemlje iznad njihovih kokona (zaštitni omotač – čahura), koji su smješteni u zemljištu. Pošto ostanu bez zaštite zemljišta, kokoni se isuše i imagi stradaju, jer ne mogu izaći iz njih. Razmnožavanje vodene voluharice je gotovo onemogućeno za vrijeme poplava.

Veliki značaj za životinje ima *snježni pokrivač*, posebno one koje naseljavaju prostor na višim geografskim širinama i nadmorskim visinama umjerenih područja, gdje se snijeg godišnje duže zadržava. On utiče na kretanje, ishranu i migracije životinja, a može da posluži i kao sklonište životnjama od niskih temperatura. Visok i mekan snježni pokrivač predstavlja veliku prepreku nesmetanom *kretanju* kod većine sisara.

Snježni pokrivač otežava *ishranu životinja*. Da bi došao do trave, sjeverni jelen će razgrnuti snijeg samo ako je debljina snježnog pokrivača ispod 40 cm. Lasica se podvlači pod snježni pokrivač i, loveći plijen, dolazi do hrane. Kod dužeg trajanja snježnog pokrivača, ptice ne mogu da dođu do hrane, pa on utiče na sjevernu

granicu njihovog rasprostranjenja. Ćubasta ševa (*Galerida cristata*) naseljava prostore do linije trajanja snježnog pokrivača od 140 dana.

Kada se formira visok snježni pokrivač, sisari (jeleni, srne) i neke ptice (snježna koka) sele se u šume, gdje je on tanji (Sl.38).



Sl.38. Stopalo snježne koke zimi (A) i ljeti (B); prednje noge šumske kavkanske mačke (V); zadnje noge sjevernog zeca (G); zadnje noge evropskog zeca (D) i prednje noge risa (E). Po Formozovu, 1946 (66, 77).

Slaba topotna provodljivost snježnog pokrivača omogućava zaštitu životinjama koje provode život ispod njega. Debljina snijega od 50 cm omogućava temperaturu ispod snijega od 0°C kada je, istovremeno iznad pokrivača temperatura - 40 °C. Kada je debljina snježnog pokrivača 20 cm, oko 15 % populacije poljske voluharice (*Microtus arvalis*) preživljava, a kada je debljina ovog pokrivača 40 cm, preživljava 50% populacije.

2.5. Fenološke pojave

Biljke i životinje reaguju na dnevno-noćne i sezonske bioklimatske promjene koje se dešavaju tokom godine u spoljašnjoj sredini. Pri tome, kod njih se dešavaju promjene koje su poznate pod imenom *fenološke pojave*. Pojave koje se međusobno (sukcesivno) smjenjuju (odnosno dolaze jedna za drugom nakon određenog vremena) u životnom ciklusu svake vrste nazivamo *fenofazama*.

Zapis o cvjetanju trešnje 812. godine postoji u Japanu. U ovom zapisu su zabilježena i najstarija fenološka osmatranja na svijetu. Karl fon Line (Sl.39), čuveni švedski botaničar, je prvi u svijetu organizovao sistematska fenološka istraživanja, i to na 18 stanica, u periodu od 1750. do 1752. godine. Na osnovu rezultata koje je dobio posmatrajući cvjetanje, listanje, zrenja plodova i opadanja lišća, on je sastavio i *biljni kalendar*.

Naučna disciplina koja se bavi proučavanjem zakonitosti periodičnih pojava u razviću biljaka i životinja, kao i njihove zavisnosti od faktora spoljašnje sredine, naziva se *fenologija*. Sastoji se od znatno razvijenije discipline - *fenologije biljaka* i danas manje razvijene *fenologije životinja*.

Pojave čija je zavisnost od bioklimatskih prilika vidljiva, predmet su fenoloških osmatranja. Biljke reaguju na sezonske promjene klimatskih ekoloških faktora, kao što su svjetlost, temperatura, padavine i njihov uticaj na pojavu cvjetova, listova i njihovo opadanje, pa je biljni pokrivač i najpogodniji bioklimatski indikator. Na gajenim biljkama najviše se vrše fenološka osmatranja i

na osnovu toga se dolazi do određenih zaključaka o bioklimi. S obzirom da su kulturne biljke najmlađi članovi određenog ekosistema i da su uglavnom stvarane vještačkom selekcijom i da im životni ciklus zavisi i od agrotehničkih mjera, za istraživanje karakterističnih fenoloških pojava na određenom prostoru pogodnije su vrste koje žive u slobodnoj prirodi.

Najveći značaj u razviću biljaka imaju vrijeme i klima. Klimatski uslovi najviše utiču na rasprostiranje biljaka u horizontalnom i vertikalnom pravcu.

Zakašnjavanje pojedinih faza razvića biljaka dovodimo u vezu sa globalnim zračenjem. Horizontalni fenološki gradijent u Njemačkoj iznosi četiri dana za svaki stepen geografske širine, u SAD - pet dana, dok u kontinentalnom dijelu Ruske nizije - 2 do 2.5 dana za 1° geografske širine. Dakle, **horizontalni fenološki gradijent** predstavlja broj dana zakašnjenja pojedinih faza razvića biljaka u odnosu na povećanje geografske širine za 1° .

Do kašnjenja fenofaza dolazi i sa povećanjem nadmorske visine. Zakašnjavanje fenofaza na svakih 100 m visine nazivamo *vertikalnim fenološkim gradijentom*. Naša proučavanja su pokazala da na prostoru Usorsko-Ukrinskega kraja kašnjenje vegetacije iznosi 2.3 dana na svakih 100 m visine. Veličina gradijenta u hladnijim područjima sa raznovrsnim reljefom ima manje vrijednosti od onih u toplijim oblastima. Iz tog razloga, i vrijeme početka određene faze razvića u toplijim oblastima više kasni u odnosu na hladnije oblasti.



Sl.39. Švedski naučnik Karl fon Line (1707 – 1778) je među prvima organizovao sistematska fenološka istraživanja.

Izvor: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c0/Carolus_Linnaeus.jpg

Kartografski, može se prikazivati vrijeme nastupanja različitih faza u razvoju biljaka uz pomoć *izofena*, odnosno linija kojima se prikazuju datumi nastanka određenih fenofaza na nekom prostoru. U reljefnim udubljenjima koja su karakteristična po blatu ili velikoj vlažnosti, dešava se zakašnjenje u razviću biljaka. Ovakav primjer kod nas predstavljaju zapadnobosanska kraška polja: Glamočko, Livanjsko i Duvanjsko. Crvena djetelina cvjeta u Duvanjskom polju

(903 m nv), znatno ranije nego u nižem Livanjskom polju (724 m), jer je Livanjsko polje znatnije izloženo poplavama od Duvanjskog polja.

Na zakašnjenje u razviću biljaka utiče i pravac pružanja riječnih dolina. Zbog njihove zasjenjenosti u jutarnjim satima, doline meridijanskog pravca pružanja karakteristične su po zakašnjenju određenih faza razvića. Kod malih i uskih dolina koje se pružaju između planinskih lanaca, još je izrazitije zakašnjenje razvića. Značajan faktor za početak pojave određenih faza razvića predstavlja i ekspozicija reljefa. Na južnim, osunčanim stranama, pojedine faze prije počinju. Na osojnim (sjevernim) stranama, početak cvjetanja voćaka može da kasni i do dvije nedjelje u odnosu na južne, prisojne strane uzvišenja.

Jedan od važnih faktora za početak pojedinih faza u razviću biljaka predstavlja i zemljiste. Procjeđivanje vode kod pjeskovitih zemljista je brže, jer su ona poroznija, te je kod njih brže sušenje i zagrijavanje, pa vegetacija i sve faze razvića počinju i završavaju se brže i prije nego u hladnjim, vodom bogatijim, glinovitim zemljistima. Svišna vlaga u glinovitim zemljistima često stvara i anaerobne uslove, koji dodatno odlažu početak pojedinih faza razvića biljaka. Pouzdani indikator pojedinih dijelova, odnosno doba godine u kojima se nalaze živi organizmi, predstavlja početak fenoloških faza u razviću biljaka. Za razliku od kalendarskih, *fenološka doba* nisu striktno vezana za određeni datum. Njihov početak i kraj vezan je za vremenske prilike tokom godine i svake godine najčešće počinju i završavaju se različitog datuma.

Temperatura vazduha je u najtješnjoj vezi sa razvićem biljaka, te prema njenim vrijednostima možemo izdvajati sljedeće sezone (*fenološka godišnja doba*):

- *Zima* - period sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha $\leq 0^{\circ}\text{C}$;
- *Pre proljeće* - period sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha 0° do 5°C ;
- *Proljeće* - period sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha od 5° do 15°C ;
- *Ljeto* - period sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha $\leq 15^{\circ}\text{C}$;
- *Jesen* - period sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha 15 do 5°C i
- *Predzimski period* - sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha od 5 do 0°C .

Biljke brzo reaguju na promjenu vremenskih prilika, pa su i fenološka godišnja doba brojnija od kalendarskih. Brzo reagovanje biljaka na promjene temperature nam pomaže pri određivanju početka, glavnog perioda i završetka neke od fenoloških faza. Za manji ili veći dio površine Zemlje, pomoću višegodišnjih podataka o nastupu pojedinih fenoloških faza, moguće je napraviti *fenološki kalendar*. Kalendar prirode (fenološki kalendar) vrlo je koristan i za saznanja o fenološkim fazama kod *životinjskih organizama*. Kod insekata, u fenološke spadaju njihovo buđenje iz zimskog sna, polaganje jaja, pojava prvih larvenih stupnjeva, učauravanje i pojava imaga. Poznavanje vremenskog početka pojedinih fenofaza kod štetočina je neophodno da bi se predvidio najpovoljniji momenat za njihovo suzbijanje. Gubar (*Lymantria dispar*) se može uspješno suzbijati hemijskim sredstvima samo u periodu pojavljivanja mladih gusjenica. Tokom razvića gubara i drugih insekata, možemo izdvojiti i postupno smjenjivanje uzastopnih gusjeničkih

stupnjeva, pojavu pronimfi i lutaka, pojavu krilatih leptira, trajanje leta, parenje i vrijeme polaganja jaja. Navedene faze čine skupa jedan *fenološki niz*.

2.6. Faza mirovanja

Reakcija organizama na nepovoljne sezonske klimatske uslove se ogleda u njihovom mirovanju, odnosno prekidu aktivnosti i zastoju u razviću, što im omogućava preživljavanje. *Organizmi tokom faze mirovanja ne obavljuju uobičajene aktivnosti, već pasivno čekaju bolje vremenske uslove.* Postoji razlika između mirovanja u umjerenim i višim geografskim širinama tokom hladnog perioda, koje se odvija u vidu zimskog sna ili *hibernacije* i mirovanja tokom ljetne faze, koje nazivamo *estivacija*, a odnosi se na tropske i umjerene krajeve, kada je temperatura visoka i kada preovlađuje suša.

Hibernacija je svojstvena za sve poikiloterme i mnoge sisare (medvjed, slijepi miševi, glodari). Za vrijeme hibernacije, kod sisara "prezimara" dolazi do sljedećih promjena:

- prestanka funkcionisanja termoregulacionog mehanizma;
- približavanja i gotovo izjednačavanja tjelesne temperature i temperature spoljašnje sredine (i do 0° kod slijepih miševa);
- smanjivanja intenziteta disanja i
- usporavanja metabolizma.

S obzirom na prestanak unošenja hrane u organizam u uslovima hibernacije, životinje mogu da izgube i do 49% svoje težine tokom zimskog mirovanja. Prezimari obezbjeđuju u velikim količinama rezerve materije, pretežno u obliku masti, u svom tijelu pred početak zimskog sna. Rezerve se troše čak i u prvim danima nakon buđenja, pogotovo ako nema dovoljno izvora hrane. Razlog zimskog sna može predstavljati i nedostatak hrane i ako temperature nisu niske, kao što je to slučaj tekunice (*Spermophilus citellus*) i srodne vrste stepskih predjela, koje su u stanju zimskog sna od kraja ljeta, kada se smanje količine vode u hrani.

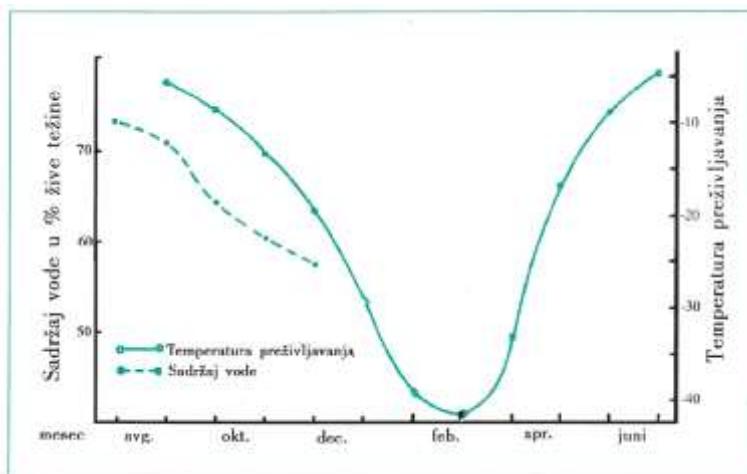
U određenom stepenu razvoja, kod mnogih insekata dolazi do zaustavljanja ili jakog usporavanja morfogeneze. Ovakav, poseban oblik mirovanja, naziva se *dijapauza*. Tokom trajanja dijapauze kod insekata, odigravaju se fiziološki procesi koji su neophodni za dalju morfogenezu. Pred period dijapauze, larve insekata smanjuju količinu tečnosti u svom tijelu, što im, pored drugih mehanizama, obezbjeđuje otpornost na niske temperature (Sl.40).

Po svome intenzitetu i trajanju, dijapauza se razlikuje kod pojedinih insekata, pa se na osnovu toga dijeli na obligatnu i fakultativnu.

Insekti koji imaju jednu generaciju godišnje, karakteristični su po *obligatnoj ili stabilnoj dijapauzi*. Kod njih se zaustavlja morfogeneza bez obzira na uticaje spoljašnje sredine. Kod gubara, obligatna dijapauza traje preko osam mjeseci. Jaja gubara ulaze u dijapauzu u julu mjesecu, kada temperatura vazduha ima visoke

vrijednosti i ona traje sve do aprila naredne godine. Proces obligatne pauze može biti prekinut sa izmjenom životnih uslova.

Fakultativnu dijapazu imaju vrste koje godišnje izvedu dvije i više generacija. Ona je izazvana nepovoljnim uslovima spoljašnje sredine (nedostatak hrane, nepovoljne temperature i dr.). Jedinke druge generacije najčešće stupaju u fakultativnu dijapazu, a ponekad i prve, kao kod leptira metlice, u saveznoj državi Montani (SAD).



Sl. 40. Opadanje sadržaja vode u telu (isprekidana linija) pre ulaska u dijapazu i sezonsko kretanje otpornosti prema niskim temperaturama larvi insekta *Dendroides canadiensis* (14, 46).

2.7. Klimatska pravila

Uticaju klime su se prilagođavali brojni životinjski organizmi, što je dovelo do formiranja populacija koje se međusobno razlikuju u zavisnosti od klimatske zone kojoj pripadaju. U vezi s tim, mogu se izvući određena pravila, kao što su: Bergmanovo, Alenovo i Glogerovo pravilo.

Bergmanovo pravilo nam ukazuje na razlike jedinke iste vrste homeotermi koje žive u hladnjim i toplijim oblastima. Predstavnici iste vrste u hladnjim predjelima krupnijeg su rasta, po ovom pravilu, od onih koji žive u toplijim predjelima. Krupnije jedinke imaju manju površinu tijela u odnosu na svoju masu i one odaju srazmjerno manje tjelesno toploće od sitnijih jedinki. Tako na Aljasci žive najkrupniji primjeri sjevernoameričkih homeotermi: medvjed *Ursus gigas*, jeleni *Alce americanus gigas*, lisica *Vulpeskenaiensis*, *Rangifer caribouosborni*, zeba *Motifringilla tephrocostis*, lasta *Hirundo erythrocephala*, zec *Lepus timidus tschuchschorum*. Visina i težina, a time i krupnoća pingvina, mijenja se u skladu sa klimatskim uslovima. Galapagoski pingvin na Galapagosu ima visinu 53 cm (2.2 kg), Humboltov u Peruu i Čileu 65 cm (4.2 kg), Magelanov na Ognjenoj zemlji 70 cm (4.9 kg), kraljevski u Patagoniji 95 cm (15 kg) i Carski - 115 cm i 30 kg (Sl.41).



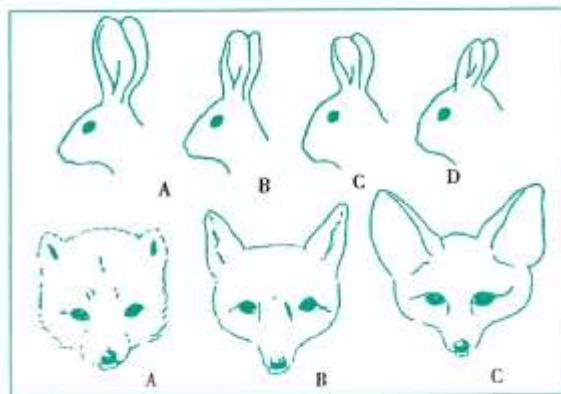
Sl. 41. Uticaj temperature oblasti na krupnoću kraljevskog (A), Magelanovog (B) i Humboltovog (C) pingvina.

Izvor: <http://sr.wikipedia.org/sr-el/Sphenisciformes>

Bergmanovo pravilo se ne može primijeniti na poikiloterme. Naseljenost najkrupnijih vodozemaca u toplijim oblastima predstavlja suprotnost ovom pravilu, što se može protumačiti kao obrnuto Bergmanovo pravilo.

Alenovo pravilo formuliše odnose između dužine istaknutih dijelova tijela homeotermi i njihovog biotopa. Kod sisara, istureni dijelovi tijela se skraćaju od toplijih ka hladnijim predjelima. Sa smanjenjem tjelesne površine, smanjuje se i odavanje toplote u hladnijim predjelima, jer životinje imaju kraće uši, ekstremitete, vrat i rep.

Kod zečeva i lisica, od toplijih ka hladnijim oblastima na Zemlji, uočavamo smanjivanje veličine ušiju (Sl.42). Takav je slučaj i sa slijepim miševima, čiji predstavnici sa srazmjerno većom površinom tijela pretežno žive u toplijim predjelima. Između gazele (*Lithocranius walleri*) iz Somalije i tibetske antilope (*Pantholopshodgsoni*), uočavaju se razlike u obliku tijela, veličini nogu ušiju i repa.



Sl.42. Opadanje veličine ušiju zeca i lisice od juga ka sjeveru. Gore: A – *Lepus alleni* (Arizona), B – *L. californicus* (Oregon), C – *L. americanus* (Minnesota), D – *L. arcticus* (Arktička oblast SAD); Dole: A – arktička lisica (*Canis lagopus*), B – riđa lisica (*C. vulpes*), C – pustinjska lisica (*C. zerda*). Hamilton i Hesse (14, 47).

Glogerovo pravilo nam pomaže da shvatimo promjene melaninske pigmentacije kod homeoternih organizama u skladu sa kretanjem temperature i vlažnosti. Kod homeotermi, intenzitet melaninske pigmentacije raste sa povećanjem temperature i vlažnosti, dok sa smanjenjem temperature opada, dok u polarnim oblastima pigment potpuno nestaje. U toplim i vlažnim predjelima preovlađuje mrka boja, crvenkasta ili žučkastomrka boja u subtropskim pustinjama, a u suvim stepama sa nižom temperaturom - pretežno siva ili sivomrka boja.

2.8. Edafski faktori

Fizičko-hemijsko-biološke osobine zemljišta i matične podloge spadaju u *edafске* (gr. *edafon* – tlo) faktore. Zemljište čini tanki površinski omotač litosfere, koji je od prvorazrednog značaja za opstanak cijelokupnog živog svijeta. Biljke pružaju svoje korijenje u zemljištu, tu se nalaze i podzemna stabla nekih biljaka, u njemu žive predstavnici različitih grupa biljnih i životinjskih organizama, ali se svojom brojnošću izdvajaju mikroorganizmi. Ovo je sredina koja je po mnogo čemu drugačija od ostalih, sa posebnim fizičko-hemijskim i biološkim osobinama, koju nazivamo *pedosfera*.

U pedosferi se sreću i elementi vazdušne (gasovi) i vodene (voda u tekućem, gasovitom i čvrstom stanju) sredine. To je veoma dinamičan sloj biosfere, izložen djelovanju različitih fizičkih, hemijskih i bioloških procesa. Zemljište nastaje i sazrijeva, u njemu su prisutni kompleksni ekološki odnosi ispoljeni kroz *akcije, reakcije i koakcije*. Iz zemljišta biljke crpe vodu i mineralne materije koji su neophodni za njihovo razviće. Nakon umiranja biljaka i životinja, njihovi ostaci se razlažu, a oslobađaju se minerali i energija koja je bila ugrađena u njihovim tijelima. Zemljište, kao veoma složen dinamički sistem, označavamo kao *edafski faktor*.

Zemljište predstavlja *disperzan trofazni sistem* sa *čvrstim* (dijelovi stijena, minerala i organskih koloida), *gasovitim* (vazduh u zemljištu) i *tečnim* (zemljišni voden rastvor) dijelom. Ovi dijelovi su međusobno uslovljeni i povezani, te se ne mogu posebno izdvajati. Zajedno čine jedinstven sistem. Čvrsti sastojeći zemljišta čine 50% (45% mineralni i 5% organski dijelovi) njegove mase, dok na gasovitu i tečnu fazu otpada 50%. Dok su čvrsti dijelovi zemljišta relativno stabilni, zadnje dvije faze su promjenljive i zavise od opštih uslova vlažnosti određene oblasti.

Već formirano zemljište dolazi, naročito ogoljeno, pod udar kišnih kapi (*bombardovanje*) i vodene erozije i spiranja (*denudacija*), tako da može doći do potpunog nestanka zemljišta i otkrivanja matične podloge, odnosno stijene. Izdvojena stijena sama po sebi je neplodna, jer su minerali iz kojih je sagrađena nedostupni biljkama. Početna faza u nastanku zemljišta obilježena je drobljenjem stijenske mase čiji usitnjeni dijelovi imaju određene elemente plodnosti. Takav je slučaj sa siparima (razdrobljena masa stijena), na nerazvijenom planin-skom zemljištu. Određene bakterije, praživotinje i biljke *litofite* (gr. *lithos* = stijena) i *hazmofite* (gr. *hasma* = pukotina, ponor, usjek), mogu da žive na razdrobljenom

stijenskom materijalu i nerazvijenom zemljишtu. Lišajevi, modrozelene alge, i određene mahovine, kao pripadnici grupe *litofita*, mogu na goloj stjeni da zadržavaju vodu. Litofite izlučuju kiseline koje djeluju kao rastvarač površine stijena.

2.8.1. Pojam zemljишta

Širom Zemlje je rasprostranjeno više tipova zemljisha, koja su nastala kao plod prirodnih zakonitosti. Nastanak i evolucija zemljisha su u tjesnoj vezi sa sljedećim pedogenetskim faktorima:

- matična stijena,
- klima,
- organski svijet,
- reljef i
- vrijeme.

Čvrsti površinski omotač Zemlje (litosfera) sastavljen je od **stijena** različite starosti i mineraloškog sastava. Stijene čine *matičnu podlogu* za formiranje različitih zemljisha.

Najzastupljeniji elementi litosfere su: kiseonik (47.2%), silicijum (27.6%), aluminijum (8.8%), gvožđe (5.1%), kalcijum (3.6%), natrijum (2.6%), kalijum (2.6%) i magnezijum (2.1%), dok ostali elementi imaju učešće od 0.4%. Kiseonik i silicijum najzastupljeniji su od svih elemenata (ukupno 74.8%).

Stijene imaju primarnu ulogu u obrazovanju zemljisha. Od matične stijene (koja čini 90% sastava razvijenog zemljisha) zavise brojna svojstva zemljisha, među kojima su najznačajnija: dubina, fizička svojstva, mineralni i hemijski sastav i pravac razvoja zemljisha.

Prema načinu postanka, stijene dijelimo na:

- magmatske
- sedimentne i
- metamorfne.

Magmatske stijene su najstarije stijene u Zemljinoj kori. One su nastale kristalizacijom i očvršćivanjem magme. Granit, bazalt, gabro i peridotit se ubrajaju u najvažnije magmatske stijene. Građu magmatskih stijena čine sljedeći minerali:

- feldspat	.....	59.5 %
- kvarc	.....	12.0 %
- amfibol i piroksen	.....	16.8 %
- liskun	.....	13.8 % i
- ostali minerali	.....	7.9 %

Taloženjem i očvršćavanjem raspadnutih dijelova postojećih stijena su nastale **sedimentne stijene**. Očvršćavanje stijena ili *dijageneza* je proces koji se sastoji od zbijanja slojeva pod pritiskom, kao i cementacijom dijelova drobine (*detritus*), uz

pomoć vezivnih materijala kao što su: kalcit, oksid gvožđa, aluminijum, silicijum i sl..

Preobražajem magmatskih i sedimentnih stijena su nastale ***metamorfne stijene***. Nastaju uslijed povećanog pritiska i temperature. Preobražene magmatske stijene nazivamo *ortometa-morfnim*, a preobražene sedimentne stijene se nazivaju *parametamorfne stijene*.

Prema svom značaju u formiranju zemljišta, **klimatski faktor** dolazi odmah iza matične stijene. Ovaj faktor direktno djeluje preko klimatskih elemenata i indirektno preko biljnog svijeta, što ga čini kompleksnim pedogenetskim činiocem (faktorom). Dominantni tipovi zemljišta su pod uticajem klime zonalno raspoređeni. Za pravilno objašnjenje današnjeg stanja zemljišta na nekim prostorima, neophodno je poznavanje paleoklimatske komponente.

Temperatura i padavine od svih klimatskih elemenata imaju najveći značaj za formiranje zemljišta, ali ne treba zanemariti i uticaj vazdušnih strujanja.

Dubina, boja i sadržaj organskih materija u zemljištu zavise od **temperature**. U tropskim i subtropskim oblastima, dubina zemljišta iznosi 10 i više metara, a u hladnim predjelima ona je svega nekoliko centimetara. Zemljišta u tropskim predjelima imaju izraženu žutu ili tamnocrvenu boju, što je naročito u vezi sa eruptivnim i metamorfnim stijenama i stepenom hidratacije oksida gvožđa. Boja zemljišta zastupljenih u hladnoj i umjerenoj zoni humidne klime pretežno je siva i rijede smeđa, zbog manjeg udjela humusa i sadržaja gvožđa.

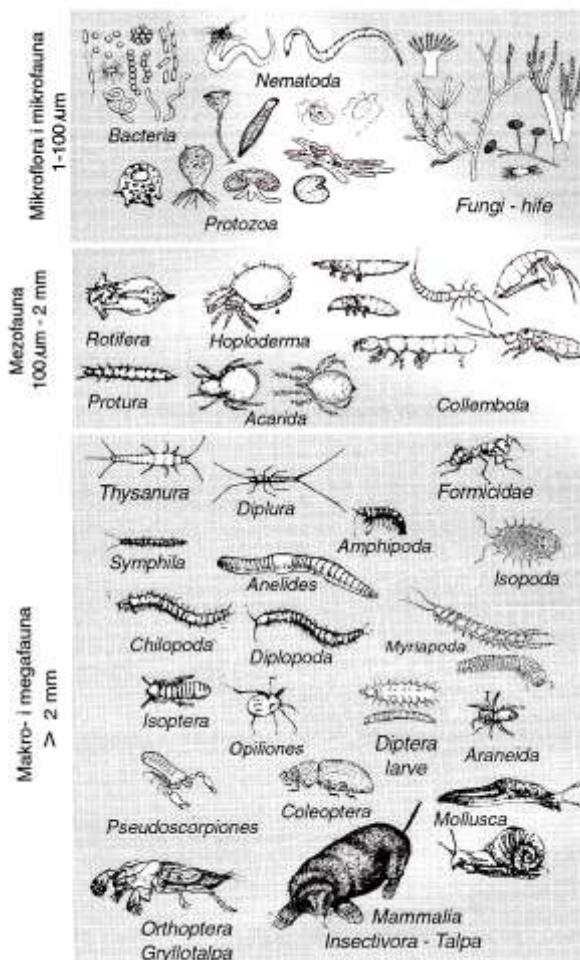
U mehaničkom raspadanju stijena, **padavine** učestvuju prodiranjem vode u pukotine. Voda iz tečnog stanja pri niskim temperaturama prelazi u led, koji, s obzirom da mu se zapremina uveća za 10%, vrši jak pritisak na zidove u šupljinama i tako daje doprinos drobljenju stijena i minerala u njima. U vodi se nalazi ugljena kiselina i kiseonik iz vazduha, pa ona predstavlja najjači agens hemijskog raspadanja stijena.

Veliki značaj u pedogenezi **ima organski svijet**, iako ima neznatnu masu u odnosu na neorgansku mineralnu komponentu. U zemljištu, predstavnici flore i faune imaju važnu ulogu u razmjeni materija i transformaciji u matičnom supstratu koji čini njihovo primarno stanište (Sl.43).

U toku svog života, organizmi uzimaju *aktivno učešće* u procesu raspadanja stijena i minerala i sinteze organske materije.

Ako raspadanje stijena posmatramo kroz životne funkcije biljaka i životinja, možemo vidjeti da ono najviše zavisi od broja organizama na određenom prostoru. Lišajevi i mahovine prvi djeluju na stjensku masu i tako pripremaju podlogu za razvoj vegetacije. Korijenje prodire u pukotine stijena u kojima vrši pritisak na zidove i tako učestvuje u njihovom drobljenju. Zahvaljujući kiselinama biljnog porijekla, biljke učestvuju i u hemijskom raspadanju stijena.

U procesu pedogeneze, *pasivno učešće* biljaka vezano je za organske ostatke koji dovode do obrazovanja raznih oblika humusa – sirovi, polusirovi, zreli ili blagi, itd.



Sl.43. Predstavnici zemljišnih organizama, učesnika u formiranju i evoluciji zemljišta. Po M. Jankoviću, 2001 (67, 343).

Na stanje zemljišta, **reljef** kao pedogenetski faktor, vrši direktnе i indirektne uticaje. Njegovo *direktno* učešće najizrazitije je u brdsko-planinskim predjelima, tako što utiče na eroziju. Erozijom se vrši premještanje zemljišne mase i produkata raspadanja stijena i minerala. Reljef utiče na genezu zemljišta *indirektno*, kroz preraspodjelu toplotne energije, a posebno padavina (što utiče na pristup azonalnih biljnih zajednica), kao i kroz izloženost (ekspoziciju) strana pojedinih uzvišenja Suncu, ali i uticajem na režim podzemnih voda.

Ogromna većina autora **vrijeme** ne uvršćuje u pedogenetske faktore. Međutim, pored intenziteta određenih procesa, veoma je bitan i protok vremena.

Čovjek pripada posebno mjesto među nabrojanim faktorima. Od ranih faza razvoja civilizacije, od ekstenzivnog stočarstva i zemljoradnje pa do danas, naročito razvojem industrije, čovjek je vršio degradaciju i zagađivanje zemljišta. Nesavjesnim radom, on je na određenim prostorima uticao na postepen gubitak plodnosti zemljišta, njegovu eroziju, a često i na njegov nestanak i postojanje antropogenih kamenitih pustinja, odnosno neplodnih kamenitih predjela.

Zemljište je, kao što smo vidjeli, rezultat zajedničkog djelovanja pedogenetskih faktora. To je trofazni sistem (sastavljen od mineralne, vazdušne i vodene faze), koji se sastoji iz:

- mineralnih čestica,
- vode,
- vazduha i
- organske supstance.

Mehaničkim i hemijskim raspadanjem stijena, nastaju *mineralne čestice*, pri čemu je uloga fizičkih faktora primarna. One su sastavljene od krupnije (šljunak, krupni i sitni pjesak) i sitnije frakcije (glina, minerali). U literaturi se susrećemo sa različitim podjelama mehaničkih frakcija u zemljištu. Po Attenberg-u, mehaničke frakcije su sastavljene od (Tabela 13):

- Skeleta, sastavljenog od kamena (veličina čestice preko 20 mm) i šljunka (čestice od 20 do 2.0 mm), gdje se voda uopšte ili nikako ne zadržava;
- Sitne zemlje, koju čini krupni pjesak sa česticama 2 – 0.2 mm (u donjem dijelu ove granice, čestice zadržavaju vodu u porama zahvaljujući kapilarnim silama), sitni pjesak sa grupom čestica od 0.2 – 0.02 mm, prah sa grupom čestica od 0.02 – 0.002), kao i grupe čestica koje su vidljive samo pod mikroskopom i gline (ispod 0.002 mm).

Voden rastvor (sastavljen od mnoštva neorganskih i organskih jedinjenja) predstavlja tečnu fazu, kao izrazito heterogenu i dinamičnu komponentu zemljišta. U zemljištu, voda može biti *dostupna (slobodna)* i *nedostupna (vezana)*, što zavisi od oblika u kom se nalazi (gravitacijska, kapilarna, opnena, higroskopna). *Higroskopna voda* je neiskoristiva za biljke, dok *opnenu vodu* biljke mogu samo djelimično iskoristiti. Za razliku od njih, *gravitacijska i kapilarna voda* su veoma pokretne i iskoristive za biljke.

Frakcija	Veličina čestica u mm	
Skelet	Kamen	Preko 20
	Šljunak	20 – 2.0
Sitna zemlja	Krupni pjesak	2.0 – 0.2
	Sitni pjesak	0.2 – 0.02
	Prah	0.02 – 0.002
	Gлина	ispod 0.002

Tabela 13. Međunarodna klasifikacija mehaničkih frakcija po Attenberg-u (49, 20).

Šupljine u zemljištu su ispunjene *vazduhom*. Ovdje je sastav vazduha drugačiji od onog u slobodnoj atmosferi, iz više razloga:

- Sastav vazduha nije isti na svim mjestima (nije kontinuiran);
- U zemljišnom vazduhu, vodena para se nalazi u većim količinama nego u atmosferskom;
- Ugljen-dioksid je procentualno zastupljeniji u zemljišnom vazduhu u odnosu na kiseonik.

Možemo konstatovati, na osnovu gore navedenih postavki, da sastav zemljišnog vazduha uglavnom zavisi od jačine bioloških procesa i mogućnosti razmjene gasova. Međutim, sastav atmosferskog vazduha relativno je postojan.

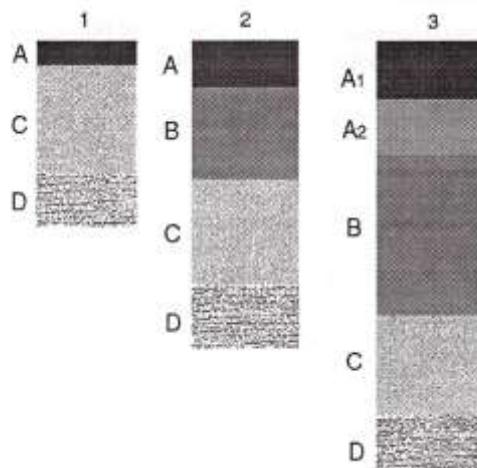
Iz Tabele 14 se može vidjeti da je koncentracija ugljen-dioksida osam puta manja u atmosferskom vazduhu, dok je sadržaj kiseonika neznatno veći. Koncentracija gasova u zemljišnom vazduhu se mijenja i zavisna je od godišnjeg doba, poroznosti, stanja vlažnosti i učešća organske materije u zemljištu, kao i obrade zemljišta i biološke aktivnosti u njemu.

Vazduh	Azot	Kiseonik	Ugljen-dioksid
Atmosferski	79.0	20.97	0.03
Zemljišni	79.2	20.6	0.25

Tabela 14. Uporedni pregled sastava zemljišnog i atmosferskog vazduha.

Od mehaničkog i hemijskog razlaganja organske materije potiču *organske supstance*. One zajedno čine organsku tvorevinu koju nazivamo *humus*. Humus nastaje razlaganjem organskih ostataka od strane mikroorganizama i služi za proizvodnju novih organskih jedinjenja. Humus poboljšava fizičke, hemijske i biološke karakteristike zemljišta.

Zemljište je nastalo složenim procesom raspadanja i trošenja stijena, humifikacije, mineralizacije, izluživanja i ispiranja. Voda, tokom formiranja zemljišta, utiče na premještanja supstanci po vertikali (**Sl. 44.**). U strukturonom pogledu, u zemljištu možemo izdvojiti tri profila: *gornji (A), srednji (B) i donji horizont (C)*. Praktični razlozi nas opredjeljuju da na skicama prikazujemo i četvrti horizont - *matična stijena (D)*.



Sl.44. Postepeni razvoj zemljišnih horizonata: 1 – inicijalno zemljište sa plitkim A horizontom; 2 – razvijeno zemljište sa A i B horizontom; 3 – zrelo zemljište sa diferenciranim A1, A2 i B horizontima na matičnom supstratu (C) osnovne stijene (D) litosfera (67,327).

Horizont C, odnosno matični supstrat koji je nastao raspadanjem matične stijene, dominira na početku formiranja zemljišta. Sa protokom vremena, sloj C se postepeno obogaćuje organskom komponentom. Voda protiče kroz ovaj sloj, a s njom se u vertikalnom pravcu premeštaju neorganski i organski koloidi. Na matičnom supstratu (*horizont C*), se vremenom formira *gornji horizont (A)*. Vremenom, *horizont A* postaje sve deblji. U dubinu rastvor i dalje prodire, tako da se u određenoj fazi formira i *horizont B*. Kako proces pedogeneze odmiče, donji sloj C se nalazi na sve većoj dubini.

2.8.2. Fizičke osobine zemljišta

Zapreminska težina, poroznost, mehanički sastav, struktura, zatim vazdušni, topotni i vodni režim zemljišta, spadaju u njegove osnovne fizičke osobine. Neka od svojstava zemljišta su obrađena u okviru pojma o zemljištu, pa ćemo im ovdje dati manje prostora, odnosno onoliko koliko je potrebno za bolje razumijevanje izložene materije.

Zapreminsku težinu zemljišta izražavamo u g/cm^3 . To je težina 1 cm^3 absolutno suvog prirodnog zemljišta izražena u gramima. Njome iskazujemo odnos 1 cm^3 zemljišta i iste zapremine vode. Zapreminska težina se mijenja od 1.0 kod horizonta sirovog humusa (najviše humusa i najveća rastresitost zemljišta) do 2.0 u teškim mineralnim horizontima (sa dubinom, zemljište postaje zbijenije, a količina humusa naglo opada).

Zapremina svih šupljina zemljišta čini njegovu *poroznost* ili *šupljikavost*. Izražavamo je u procentima. Prema ukupnoj zapremini pora (P), zemljišta se dijele na:

- | | |
|----------------------------|---------------|
| - vrlo porozna | P > 60 % |
| - porozna | P = 45 - 60 % |
| - slabo porozna | P = 30 - 45 % |
| - vrlo slabo porozna | P < 30 % |

Pore sa prečnikom manjim od 1 mm označavamo kao *kapilarne*, a one sa prečnikom većim od 1 mm - *nekapilarne*. Dok kroz nekapilarne pore voda otiće, kapilarne pore su sposobne da je zadrže.

Poredak primarnih i sekundarnih čestica nazivamo *strukturom zemljišta*. Sitnije čestice, koloidi, poput kakvog ljepila, povezuju ih u krupnije aggregate. Nedovoljan (pjeskuše) i prevelik (glinuše) broj koloida onemogućava stvaranje strukture. Zemljišta sa veličinom agregata od 1 do 10 mm su najpovoljnija za poljoprivredu.

Po pitanju osnovnih fizičkih i hemijskih svojstava, prisutne su velike razlike između određenih vrsta zemljišta, pa je na njima nastanjen i potpuno različit biljni svijet. Na određenom zemljištu, prema prisustvu nekih biljaka možemo zaključiti o njegovim svojstvima, pa ih označavamo kao indikatore određenog tipa zemljišta.

Za organizme koji žive na površini ili u unutrašnjosti zemljišta, veliki značaj ima njegov mehanički sastav i njegova kompaktnost. Kroz povećanje površine stopala i formiranjem rožnih pločica, hitinskih dlačica i rožnih čekinja, životinje koje se kreću po pješčanim pustinjama, živom pijesku i dinama prilagodile su se tim uslovima.

Ispod rastresite pješčane podloge, lako se ukopaju brojne životinske vrste. Tu grade gnijezda insekti i pustinjski glodari. Tako mramorasti gundelj živi (*Polyphylia fullo*) u pjeskovitim staništima Deliblatske (južni Banat) i Subotičke (sjeverna Bačka) pješčare u Vojvodini.

Mikroskopski oblici naseljavaju u rastresitom zemljištu sitne pore i šupljine. Krupnije forme buše unutrašnjost zemlje i, praveći hodnike, jazbine i gnijezda, utiču na povećanje poroznosti zemljišta. Zahvaljujući tome, preorava se zemljište, miješaju njegovi slojevi i povećava se propustljivost za vodu i vazduh. Kišne gliste, bušeći hodnike prečnika dva do deset milimetara, kroz svoje crijevo propuštaju značajne količine zemlje i na površinu iznesu i do 4 kg suve zemlje na jednom kvadratnom metru. Glodari, termiti i mravi svojom aktivnošću, takođe, utiču na rastresitost tla, aeraciju i vodni režim.

Zemljište utiče na fizička svojstva životinja koje su vezane za život na zemljištu i u podzemlju zemljište na njih ima veliki uticaj. Ekstremiti životinja su prilagođeni zemljištu po kome hodaju (tvrdom, rastresitom ili mekanom). Površina ekstremita kod kičmenjaka kojima dodiruju tvrdo tlo je smanjena. Broj prstiju kod kopitara je sveden na jedan, odnosno kopito. Povećan broj izduženih prstiju imaju životinje koje žive na mekanom i glibovitom zemljištu (šljuke, čaplje, rode), ili razvijene bočne prste i prošireno kopito (bizon, los, sjeverni jelen).

2.8.3. Temperatura, vlažnost, svjetlost i hemizam zemljišta

2.8.3.1. Temperatura zemljišta

Na brojne fizičke, hemijske i biološke procese u samom zemljištu i prizemnim slojevima atmosfere utiče temperatura zemljišta. Temperatura zemljišta je dio kompleksa primarnih faktora procesa pedogeneze. Brzina razlaganja organskih materija, porast i razviće nadzemnih dijelova biljaka, kljanje, nicanje, rast i apsorpciona moć korjenova, od nje zavise. Promet gasova između vazduha u zemljištu i prizemnom dijelu moguć je zahvaljujući kolebanju temperature u zemljištu.

Zagrijavanje površinskih i dubljih dijelova zemljišta zavisi od geografske širine, doba godine, fizičkih osobina zemljišta, vrste pokrivača (biljni i snježni), oblika terena, ekspozicije, i dr.

Gornja količina primljene topote zavisi od *toplotnog kapaciteta zemljišta*, odnosno osobine zemljišta da primi određenu količinu topote. Vlažnost, poroznost i mineralni sastav zemljišta, albeda i dr. imaju najviše uticaja na toplotni kapacitet zemljišta. Vlažna zemljišta hladnija su od suvlijih zemljišta, jer voda ima dva puta

veći topotni kapacitet od mineralnih čestica u zemljištu. Tome doprinosi i to što vlažna zemljišta troše jedan dio topote na isparavanje vode.

Albedo (procentualna razlika između primjenog i odbijenog zračenja) zavisi od boje zemljišta. Zemljišta sa tamnjom bojom imaju veću sposobnost apsorpcije Sunčeve energije, pa se brže i zagrijavaju od svjetlijih zemljišta. Daćemo pregled albeda za važnije površine:

- novi snježni pokrivač	.....	0.75 – 0.95
- stari snježni pokrivač	.....	0.40 – 0.70
- riječni pijesak	.....	0.39 – 0.40
- laka suva ilovača	.....	0.21 – 0.25
- šumska livada	.....	0.20 – 0.23
- suvo pjeskovito tlo	.....	0.18 – 0.24
- tipični černozem	.....	0.14 – 0.18
- šume	.....	0.05 – 0.20

Tople i hladne kiše imaju veliki uticaj na zagrijavanje zemljišta, pogotovo kod poroznijih tipova. Sa povećanjem dubine, uticaj kiše na zagrijavanje ili hlađenje opada. Pri najpovoljnijim okolnostima, kondenzovana vodena para u zemljištu daje ispod 0.01 mm vode na jedan sat.

Na zagrijavanje zemljišta, *biljni pokrivač* tokom dana i toplijeg dijela godine utiče tako što ga štiti od direktnog Sunčevog zračenja i što povećava površinu isparavanja. Zbog toga gornja površina zemljišta dobija manje energije i slabije se zagrijava.

Odnos čvrste, gasovite i tečne faze zemljišta utiče na njegovu *toplotnu provodljivost*. Sto puta veću provodljivost topote od topotne provodljivosti zemljišnog vazduha ima čvrsta faza zemljišta, a tečna 20 puta (Tabela 15).

Sastavni dijelovi zemljišta	Zapreminska topotna kapacitet ($J/cm^3 \text{ } ^\circ C$)	Topotna provodljivost ($J/cm^2 \text{ } ^\circ C$)
Pijesak i glina	2.05 – 2.43	0.00126
Treset	2.51	0.00837
Zemljišni vazduh	0.00126	0.00021
Voda u zemljištu	4.19	0.0502

Tabela 15. Zapreminska topotna kapacitet i topotna provodljivost pojedinih faza zemljišta.

Od Sunčevog zračenja i Zemljinog izračivanja, uglavnom direktno zavisi *dnevni i godišnji hod temperature zemljišta*. U oblastima sa toplijom i hladnjim klimom, količina energije koju primi zemljište, a time i njegova temperatura, je različita. U područjima sa umjerenom klimom, suva kopnena površina može se zagrijati i do $50^\circ C$, a u predjelima sa toplijom klimom i $60 - 70^\circ C$, pa i iznad toga.

Navedene, veoma visoke temperature, mogu da se izmjere samo na jednom tankom sloju zemljišta (Tabela 16).

Sa snižavanjem temperature, može doći i do zamrzavanja vode u zemljištu. Od vremen-skih uslova u zimskom periodu godine, debljine snježnog pokrivača, reljefa, strukture i vlažnosti zemljišta, kao i karaktera biljnog pokrivača, zavisi do koje će dubine dopirati zamrznuto zemljište. Zaledeno zemljište se odkravljuje od površine prema dole, toplotom dobijenom od Sunca i od donjeg zaledenog dijela prema površini, zahvaljujući toploti dobijenoj iz dubljih dijelova litosfere.

Vrsta zemljišta	Koeficijent provodljivosti temperature	Dubina dnevnog kolebanja u cm	Dubina godišnjeg kolebanja u m
Stijena	60.7	92	16.86
Led	54.4	87	16.65
Vlažna glina	50.2	84	16.00
Stari snijeg	46.0	80	15.31
Vlažni pijesak	29.3	64	12.21
Suvi pijesak	14.6	45	8.64
Novi snijeg	12.6	42	8.00
Suvo močvarno zemljište	8.4	34	6.23
Suva glinovita zemlja	5.2	27	5.16
Močvara	5.0	26	5.06

Tabela 16. Koeficijent provodljivosti temperature i dubina dnevnog i godišnjeg kolebanja temperature za različite vrste podloge.

U toku 24 časa, kolebanje temperature se osjeti u prosjeku do 1 m dubine, dok se godišnja kolebanja temperature zemljišta osjećaju i na dubinama većim od 10 m. Najveća dnevna kolebanja temperature površinskog dijela zemljišta imaju pustinjske oblasti. Brojni insekti koji žive u pješčanim pustinjama štite se od previsoke temperature tokom dana tako što se zavlače u unutrašnjost tla, a aktivni su jedino noću. U pjeskovitim pustinjama, gušteri se štite od previsoke temperature odlazeći u sjenku oskudne vegetacije, penjanjem na grane žbunastih biljaka, ili se zavlače u pijesak, gdje je temperatura niža, a ima i viši stepen vlažnosti.

2.8.3.2. Vlažnost zemljišta

Biljke koriste vodu, koja uglavnom vodi porijeklo od padavina, ali se mogu koristiti i podzemnom ili izdanskom vodom, nastalom poniranjem i akumuliranjem padavinskih voda, a koja se nalazi bliže površini zemljišta. Iz dubine, voda kapilarnim izdizanjem može da dospije u rizosferu, odnosno sferu korijenja. Funkcija zadržavanja vode kod zemljišta je veoma značajna, jer padavine uglavnom nisu svakodnevna pojava. Vlažnost zemljišta zavisi od brojnih faktora, ali se svojim značajem izdvajaju klimatski faktori i vodni kapacitet.

Voda je u zemljištu zastupljena u sva tri agregatna stanja. U zemljištu, voda se javlja kao:

Vezana voda:

hemijski vezana voda:

- zeolitska
- kristalizaciona
- konstitucionia

fizički vezana voda:

- higroskopna
- slabije vezana opnena voda

Slobodna voda:

vodena para

kapilarna:

- nepokretna (pendularna)
- teško pokretna
- lako pokretna (funikularna)

gravitaciona.

Vezana voda se javlja kao *hemijski vezana voda* (nalazi se samo u kristalnim rešetkama minerala, kao *konsolidaciona, kristalizaciona i zeolitska hemijski vezana voda*) i kao *fizički vezana voda*. Fizički vezana voda prijedra čvrsto uz čestice zemljišta. Uz čestice se formira tanak sloj opne vode različite debljine. Fizički vezana voda se dijeli na *higroskopnu i opnenu vodu*.

Slobodna voda ispunjava slobodan prostor između čestica zemljišta. Ovdje, u suštini, razlikujemo *kapilaru* (tipična je za glinovita zemljišta, gdje ispunjava kapilare i izdiže se i do 5 m visine) i *gravitacionu vodu* (u krupnim nekapilarnim porama).

Vodena para se može naći u svim porama zemljišta koje nisu ispunjene vodom u tečnom ili čvrstom stanju. Jedino u obliku vodene pare, voda je u stanju da se kreće u nedovoljno vlažnom ili suvom zemljištu.

Na temperaturi oko 0°C , svi oblici vode, izuzev higroskopne, prelaze u **čvrsto stanje** ili **led**. Higroskopna voda može da mrzne na temperaturi koja je daleko ispod 0°C . Najlakše se zamrzava gravitaciona voda, a nakon nje slijedi kapilarna, dok se opnena voda znatno teže zamrzava.

Ukupna količina vode koju u datom momentu sadržava zemljište naziva se **vlažnost zemljišta**. Ona je zavisna od priliva i rashoda vode i od fizičkih svojstava zemljišta i reljefa. Kada se povećava vlažnost, slabi energija kojom se voda drži za zemljište (*kapilarni potencijal*), a povećava se sposobnost njenog kretanja. Pri uzimanju vode koju biljke koriste iz zemljišta, potrošnja energije je manja kod vlažnog, a veća kod suvljeg zemljišta.

2.8.3.3. Svjetlost

Životinje koje žive u zemljištu prilagodile su se nedovljnoj prisutnosti svjetlosti. Tako slijepo kuće ima zakržljale oči, dok su druge vrste potpuno slijepе (*Coleoptera*). Obojenost terestričnih životinja je veoma zavisna od svjetlosnih uslova.

2.8.3.4. Hemizam zemljišta

Od velike važnosti za kopnene organizme predstavlja hemizam zemljišta. Hemijska svojstva zemljišta obuhvataju: hemijski sastav mineralnih i organskih čestica (čvrsta faza), zemljišnog rastvora i pH reakcije (tečna faza) i gasovite faze. Količina i odnos organogenih elemenata (C, N, O, i H) i nemetala (S, P, Si, Cl) veoma su važni za hemijski sastav zemljišta (Tabela 17).

Postoje određene razlike u sastavu elemenata između litosfere i pedosfere, kao njenog gornjeg i tankog rastresitog sloja. Devet elemenata (O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, Ka, Ti) čini oko 98% težine Zemljine kore, dok na ostale elemente (P, N, S, Mn, Cu, Zn, Co, B, Mo) otpada manje od 2% težine. Iako je mali udio drugih elemenata, oni su veoma bitni za biosferu.

Elementi	Zemljina kora %	Zemljišta %
O	47.2	49.0
Si	27.6	33.0
Al	8.8	7.13
Fe	5.1	3.8
Ca	3.6	1.37
Mg	2.1	0.6
Na	2.64	0.63
K	2.60	1.36
Ti	0.60	0.46

Tabela 17. Uporedni pregled prosječnih vrijednosti hemijskog sastava Zemljine kore i zemljišta (Vinogradov, 1950).

Kod živih organizama, hemijski sastav elemenata se razlikuje u odnosu na litosferu. Najviše su zastupljeni O, C, N, Ca, P, K, Cl, S i Mg (99.99 %). Prikazaćemo pojedinačnu procentualnu koncentraciju ovih elemenata, te pojedinačno njihov procentualni sastav izgleda ovako:

Kiseonik (O)	63.00 %
Ugljenik (C)	25.00 %
Azot (N)	9.50 %
Kalcijum (Ca)	1.40 %
Fosfor (P)	0.31 %
Kalijum (K)	0.22 %
Hlor (Cl)	0.22 %

Sumpor (S)	0.20 %
Magnezijum (Mg)	0.08 %
Ostali elementi	0.01 %

U ukupnom sastavu zemljišta, *organski dio* učestvuje u prosjeku sa 1 do 3%. Jedan je od najvažnijih sastojaka zemljišta, jer utiče na njegovu plodnost i ishranu biljaka. Razlaganjem prvobitne i sintezom novih organskih materija, mikrobiološki organizmi stvaraju *humus* u zemljištu. U zemljištu može da bude zastupljen *kiseli humus* (u vlažnim zemljištima), koji je štetan za biljke, i *blagi ili zreli humus* (nastaje u uslovima umjereno tople klime, gdje zemljiše ima dovoljno kiseonika, kreća i dobre fizičke karakteristike).

Mineralni dio zemljišta je najvažniji izvor hrane biljkama. Biljke uzimaju kiseonik i vodonik preko vode, a ostale elemente u obliku mineralnih soli. Rast i razviće biljaka se ne mogu odvijati bez određenih elemenata koje nazivamo *neophodnim* (ugljenik, kiseonik, azot, fosfor, kalijum, kalcijum, sumpor i gvožđe, koji čine *makrohranljive elemente*, kao i bor, mangan, cink, bakar, molibden i kobalt, koje nazivamo *mikrohranljivim elementima* i koji čine samo 0.1% hranljivih elemenata). Postoje, pored neophodnih, i *korisni elementi*, kao što su natrijum, hlor i silicijum, koji povoljno djeluju na rast biljaka, ali bez kojih one mogu da se razvijaju.

Jedna od najvažnijih hemijskih fizioloških karakteristika tečne faze zemljišta predstavlja *reakcija zemljišnog rastvora* (stepen njegove kiselosti i bazičnosti). Ona zavisi od odnosa koncentracije jona vodonika, H^+ i hidroksilnih jona, OH^- u njemu. Na osnovu *pH vrijednosti* (predstavlja mjeru aktivnosti vodonikovih jona, odnosno negove koncentracije), određujemo kiselost zemljišta. Mjerimo je skalom na kojoj se nalaze vrijednosti od 0 do 14. Kod prirodnog zemljišta, pH ima vrijednosti od 3 do 11. Zemljišta se, u odnosu na pH reakciju, dijele na: *kisela, bazična i neutralna*. **Kiselost zemljišta ($pH < 7$)** nastaje uslijed povećane koncentracije jona vodonika (H^+), dok hidroksilni joni (OH^-) svojim velikom koncentracijom uslovljavaju bazičnu reakciju zemljišta ($pH > 7$). Podjednako prisustvo vodonikovih i hidroksilnih jona razlog je neutralne reakcije ($H^+ = OH^-$).

Prikazaćemo podjelu zemljišta koja je izvršena u SAD na osnovu pH vrijednosti:

- ekstremno kisela $pH < 4.5$
- vrlo jako kisela $pH 4.6 - 5.0$
- jako kisela $pH 5.1 - 5.5$
- umjereno kisela $pH 5.6 - 6.0$
- slabo kisela $pH 6.1 - 6.5$
- neutralna $pH 6.6 - 7.3$
- slabo alkalna $pH 7.4 - 7.8$
- umjereno alkalna $pH 7.9 - 8.4$
- jako alkalna $pH 8.5 - 9.0$
- vrlo jako alkalna $pH > 9.1$

Za usvajanje hranljivih sastojaka kod biljaka, reakcija zemljišta je veoma bitna. *Adsorpcija* (labilno vezivanje na površini čestice) kalcijuma u veoma kiselim zemljištima je onemogućena, jer su tada njegovi joni jako fiksirani (*fiksacija* – čvrsto vezivanje) u nerastvorljive soli. Svojstvo zemljišta da vezuje različite molekule, jone, čestice, tečne i gasovite supstance na površini koloidnih čestica ili u aktivnom sloju zemljišta predstavlja **adsorptivnu sposobnost zemljišta**. Usvajanje kalcijuma i drugih važnih elemenata je povećano pri vrijednostima pH 7 i više.

2.9. Hemizam vazdušne i vodene sredine

Pod određenim hemijskim uslovima i sadržajem hemijskih supstanci u spoljašnjoj sredini, vrši se razmjena energije i materije između organizma i sredine u kojoj su nastanjeni. Od hemizma sredine zavisi zastupljenost određene vrste i njen udio u određenom ekosistemu i kruženju materije. U određenoj sredini, živi organizmi su nastajali, ali su tokom vremena svojim aktivnostima mijenjali njen hemizam i utrli put stvaranju novih oblika.

Analiziraćemo, u nastavku, najvažnije hemijske i fizičko-hemijske faktore vazdušne i vodene sredine, s akcentom na njihov ekološki značaj, prije svega za životinjske organizme (Tabela 18).

Hemizam atmosfere je za živi svijet od posebnog značaja. Na žive organizme hemijski sastav i fizičke osobine, odnos i sadržaj određenih sastojaka, može da ima pozitivan, a i negativan uticaj, tako što utiču na životne procese, unutrašnju i spoljašnju građu, produkciju i rasprostranjenje organizama.

Gas	%	Gas	%
Azot (N_2)	78.084	Vodonik (H_2)	5.0×10^{-5}
Kiseonik (O_2)	20.946	Azot oksid (N_2O)	5.0×10^{-5}
Argon (Ar)	0.934	Ksenon (Xe)	8.7×10^{-6}
Ugljen-dioksid	0.033	Ozon (O^3)	1.0×10^{-6}
Neon (Ne)	1.80×10^{-3}	Superoksid vod. (H_2O_2)	1.0×10^{-7}
Helijum	5.24×10^{-4}	Amonijak (NH_3)	1.0×10^{-7}
Metan (CH_4)	2.0×10^{-4}	Jod (J)	3.5×10^{-9}
Kripton (Kr)	1.14×10^{-10}	Radon (Rn)	6.0×10^{-18}

Tabela 18. Prosječan sastav suvog vazduha.

Ako izuzmemo vodenu paru u sloju atmosfere koji je dio biosfere, procentualni udio gasova koji ulaze u njen sastav se, praktično, ne mijenja. Tome doprinose vrtložasta strujanja vazduha do 90 km visine. Sadržaj azota (N) od 78.084% i kiseonika (O_2) od 20.946%, kao i inertnih gasova u atmosferi je stalan. Zajedno, azot i kiseonik čine 99.03% atmosfere, dok na ostale gasove otpada nešto

manje od 1%. Sadržaj ugljen-dioksida, kiseonika i azota prvenstveno je rezultat razvića i aktivnosti živog svijeta.

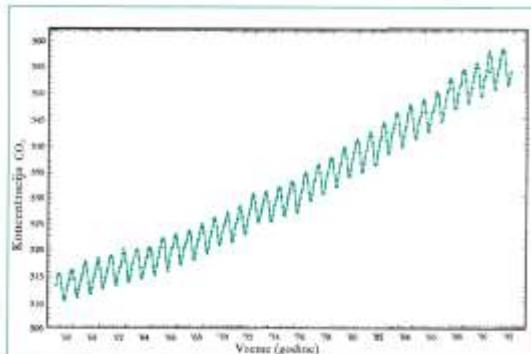
Kao sadržinski najvažniji sasojak atmosfere, **azot** je inertan gas, pa ga u ovakvom obliku živi organizmi mogu koristiti samo izuzetno. U atmosferi se spaja sa kiseonikom i vodonikom samo pri električnim pražnjenjima i na taj način obrazuje amonijak (NH_3) i šalitrenu kiselinu (NH_4OH). Padavinama, amonijak i šalitrena kiselina dospijevaju u tlo. Azotofiksirajuće bakterije vezuju slobodni azot i prevode ga u nitrile i nitrite.

Biljke i životinje koriste **kiseonik** (veoma aktivan gas) u procesu disanja (oksidacija organskih materija). On je prisutan u donjim slojevima atmosfere u dovoljnim količinama i samo izuzetno može biti ograničavajući faktor (jedino u dubljim dijelovima zemljišta i u unutrašnjosti tijela organizama koji su naseljeni parazitima). Jedino anaerobni organizmi (prisutni pretežno među bakterijama, gljivama, endoparazitima - *Ascaris*) mogu da žive bez kiseonika. Anaerobni organizmi se snabdijevaju kiseonikom zahvaljujući procesu metaboličkog razlaganja.

Sa povećanjem nadmorske visine, smanjuje se količina kiseonika, a njegov manjak može dovesti do usporavanja metabolizma kod životinja i jedan je od glavnih uzroka siromaštva faune na većim nadmorskim visinama (pacov, u eksperimentalnim uslovima, kod temperature od 16°C i pri pritisku od 750 - 759 mm troši 4.119 mg/min kiseonika, a pri istoj temperaturi i smanjenom pritisku od 460 – 430 mm, znatno manje – 2.289 mg/min).

Sa smanjenjem količine kiseonika, homeotermi povećavaju broj eritrocita i količinu hemoglobina (Kod populacija šumskog miša *Apodemus syriacus* i *A. Flaviventer*, koje su iz doline preseljene na visinu od 1500 – 3000 m na prostoru Kavkaza, količina hemoglobina se povećala za 9 – 27%). Zahvaljujući disanju biljnog svijeta i oksidaciji ostataka organske materije uginulih organizama, nadoknađuje se potrošnja kiseonika. U okviru biološkog kruženja materije u prirodi, ciklus kruženja kiseonika traje oko 300 godina (atmosfera – organizmi – atmosfera).

Ugljen-dioksid (CO_2) ima malo procentualno učešća u atmosferi, a veliki značaj za živi svijet zbog veoma važne uloge u procesu fotosinteze i izgradnje organske materije. Biljni svijet za svoje potrebe koristi oko 550 milijardi tona ugljen-dioksida. Do njegovog razlaganja dolazi u procesu fotosinteze tako što ga zelene biljke uzimaju za ishranu. U atmosferi je količina ugljen-dioksida konstantna. Veća koncentracija ovog gasa se javlja u predjelima sa aktivnim vulkanskim pojavama. Zbog pojačanog izbijanja i velike koncentracije ugljen-dioksida u lokalnim okvirima, nije moguć opstanak životinja, kao što je slučaj u Mrtoj dolini na ostrvu Javi. U industrijskim zonama, količina ugljen-dioksida se povećava zbog sve veće potrošnje fosilnih goriva. On spada u grupu gasova koji najviše utiču na *efekat staklene bašte*, odnosno povećanje temperature vazduha. Prema prognozama, temperatura vazduha će se povećati do 2025. godine, uslijed efekta staklene bašte, za jedan stepen. Povećanje temperature vazduha treba vezati i za kosmičke elemente, a ne samo za efekat staklene bašte koji je prisutan, ali je on malo i prenaglašen (Sl.45).



Sl.45. Povećanje koncentracije CO_2 od 1958. do 1992. Po Brewer-u, 1994 (14, 56).

Učešće ugljen-dioksida u povećanju temperature vazduha je naša stvarnost i zbog toga se očekuju i određene vremenske promjene u budućnosti, a koje već danas u određenoj mjeri osjećamo, odnosno postali smo njihovi savremenici. U umjerenom pojasu, otopljavanje klime imaće veliki uticaj i na insekte u pogledu njihovog rasprostranjenja, širenja, migracija, prezimljavanja, brzine rasta populacija i broja generacija.

U procesu fotosinteze, ugljen-dioksid se može, pored svjetlosti, pojaviti i kao ograničavajući faktor. Proces fotosinteze sa smanjenjem parcijalnog pritiska ugljen-dioksida opada, bez obzira na zadovoljavajuću svjetlost. Međutim, pri odgovarajućem intenzitetu svjetlosti, s porastom koncentracije ugljen-dioksida, intenzivira se i proces fotosinteze.

U višim slojevima stratosfere, cijepanjem molekula kiseonika, djelovanjem ultraljubičastih zraka, nastaje **ozon** (O_3). Dio oslobođenih atoma kiseonika veže se sa drugim molekulima kiseonika i tako nastaje ozon (O_3). Za to je potrebna ogromna količina energije Sunca (2×10^{10} kW), što je za tri puta više od količine energije koju utroši čovječanstvo za svoje potrebe. Jedan dio sadržaja ozona u stratosferi potiče i od fotolitičkog procesa u troposferi. Sadržaj ozona se povećava sa porastom geografske širine (naročito tokom zime i jeseni).

Appsorbujući najveći dio Sunčevih ultraljubičastih zraka, biološki štetnih, ozon ima ogroman ekološki značaj za živi svijet na Zemlji. Ultraljubičasti zraci izazivaju eritem (crvenilo kože), odredene krvne bolesti, ali i razlažu bjelančevine u ćelijama. Za ljudska pluća, ozon je veoma opasan gas. Boravkom u sredini u kojoj vazduh sadrži dva milionita zapreminska dijela ozona, čovjek osjećača jako gušenje i ima osjećaj iznurenosti. Da bi se oporavio, nakon izloženosti takvoj sredini, čovjeku bi trebalo najmanje tri dana.

Vodena sredina je podložna promjenama hemijskog sastava, naročito kada su u pitanju kopnene vode. Voda rastvara i ionizuje brojna hemijska jedinjenja, gasove, organske materije i neorganske soli. U vodama okeana se nalaze jedinjenja mnoštva hemijskih elemenata. Hemizam vode i njegov višestruki značaj razmotrićemo kroz analizu i ulogu koncentracije rastvorenih soli i gasova u slanim i slatkim vodama.

U slanoj i slatkoj vodi, **rastvorene soli** nisu jednako zastupljene. Ispod površinskog dijela, morska voda ima stalnu slanoću, kao i konstantnu koncentraciju pojedinih jona, po čemu se ona i najviše razlikuje od slatke vode. Tipične prirodne vode imaju sljedeći hemijski sastav:

Prirodne vode	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO_4	CO_3	Ukupno
Morska voda	1.07	0.39	0.42	1.31	19.3	2.69	0.073	34.9
Meke slatke vode	0.016	-	0.01	-	0.019	0.007	0.12	0.065
Tvrde slatke vode	0.021	0.016	0.065	0.031	0.041	0.025	0.119	0.300

Vodeći računa o procentualnom učešću pojedinih jona u morskoj i slatkoj vodi, predstavićemo sljedeću skalu:

Morska voda $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{K}$, odnosno $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{CO}_3$

Slatka voda $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$, odnosno $\text{CO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$

Morska voda pretežno sadrži hloride i sulfate, što joj daje slan i gorak ukus. U površinskim slojevima, zatvorenim morima i zalivima, slanost morske vode je promjenljiva. Zbog velikog isparavanja i malog priticanja tekuće vode u Crvenom moru, slanost morske vode se kreće između 30 i 41 promila, dok se u Baltičkom, zbog isparavanja i velikog priticanja slatke vode, spušta i ispod 8 promila. Kopnene vode u nekim slučajevima mogu da budu slanije i od samog mora (Mrtvo more – salinitet 30%, Veliko slano jezero u SAD – salinitet na sjevernom dijelu 25%) (Sl.46). Vode u prirodi su hranljivi rastvori, odakle se živi organizmi snabdijevaju elementima potrebnim za život.



Sl.46. Mrtvo more – jezero slanije i od samog mora. Izvor: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/DeadSeaI.JPG/288px-DeadSeaI.JPG>

U tijelima organizama, koncentracija određenih elemenata može biti veća nego u morskoj vodi. Tako u tijelu radiolarija i silikatnih sružvi, koncentracija silicijuma dostiže i do 80% težine tijela. Protozoe, dupljari, krečne alge, brahiopodi, mekušci, ehinoderme i sprudotvorni korali (*Madrepora*) karakteristični su po velikom udjelu kalcijuma u odnosu na ukupnu težinu tijela (i do 50%). Brojne alge se ističu po bogatstvu gvožđa, a jod je najviše zastupljen u tijelu brojnih morskih algi i nekih

spužvi. Koncentracija različitih elemenata kod živih organizama omogućila je i formiranje organogenih sedimenata (krečnjaci, silikati, limoniti i dr.), koji učestvuju u gradi litosfere.

U morskoj vodi, kalcijum se javlja pretežno u okviru kalcijum sulfata (CaSO_4). Kalcijum se u slatkim vodama nalazi u obliku karbonata. On se brže taloži u toplijim vodama, pogotovo u tropskim morima, a znatno sporije u hladnijim vodama. To je razlog što su toplija mora bogatija karbonatnim talozima životinjskog porijekla od hladnjih. U odnosu na količinu kalcijuma, vode smo podijelili na *meke* (ispod 20 mg/l CaO) i *tvrde* (preko 20 mg/l CaO). Određeni oblici faune susreću se u tvrdim (briozoe, slatkovodne spužve) vodama, dok drugi samo u mekim (račić *Holopedium gibberum*).

Živi svijet je siromašan u kopnenim zaslanjenim vodama, jer se ovdje so javlja kao ograničavajući faktor, pa se u Mrtvom moru mogu naći samo neke bakterije i alge. U vodenoj sredini sa manje zaslanjenom vodom, karakterističnoj za sušnu područja, se razvila posebna halofilna fauna (filopodni račić *Artemia*, larve muve *Ephydria*, kao i rotarije, insekti, i još neki drugi oblici račića).

Soli azota i fosfora u okeanima i kopnenim vodama se nalaze u veoma ograničenim količinama. Ove soli se javljaju kao ograničavajući faktor organske proizvodnje u vodenoj sredini, s obzirom da ulaze u sastav bjelančevina.

Fosfor se u prirodnim vodama nalazi najviše u obliku organskog fosfora u rastvorenim ili suspendovanim organskim materijama i, znatno manje, rastvorenim neorganskim solima fosfata. Kod kopnenih voda, fosfor potiče od geološke podloge. Utrošeni fosfor se obnavlja mineralizacijom uginulih organizama. Velike količine fosfora unose se u more i rijeke koje se u njega ulivaju.

Sa dubinom i tokom godišnjih doba, mijenja se i količina fosfata. Kao rezultat razlaganja uginule organske materije, sa povećanjem dubine, raste i količina fosfata. Usljed bujnog razvića planktonskih algi i velike potrošnje fosfata tokom ljeta, njegova količina je najmanja, a zimi najveća. U zimskom periodu godine se potrošeni fosfat nadoknađuje njegovim migriranjem iz većih dubina.

U prirodnim vodama, **soli azota** su količinski zastupljenije od soli fosfora, tako da je njihov omjer 7 : 1 u korist soli azota. Soli azota dospijevaju u jezera i mora na isti način, kao i fosfor, putem riječnih tokova. Na većim dubinama, obavlja se proces regeneracije ovih soli. Vertikalna cirkulacija vode omogućuje da ove soli dospijevaju u svjetlijе dijelove vodene sredine, gdje ih mogu koristiti planktonske alge. Tokom ljeta, s obzirom da je najintenzivniji razvoj biljnog planktona, količina soli azota je tada i najmanja. Zajedno sa solima fosfora, one su glavni faktor organske proizvodnje u vodenoj sredini.

Čovjek svojim različitim aktivnostima dovodi i do zagađenja vode *organiskim nečistoćama*, što je je naročito izraženo na rijekama i jezerima na koje se oslanjaju veći gradovi. Organizmi različito podnose određene nivoje koncentracije organskih materija, te u odnosu na tolerantnost prema organskim materijama, slatkovodne organizme dijelimo na:

- *polisaprobnne*, odnosno stanovnike jako zagađenih voda (npr. larve muve *Eristalis* i oligoheta *Tubifex*)
- *mezosaprobnne* (žive u manje zagađenim vodama) i
- *oligosaprobnne* (stanovnici čistih, nezagađenih voda).

U svim prirodnim vodama se mogu naći *rastvorenii gasovi*. Količina rastvorljivih gasova u vodi do njenog zasićenja zavisi od temperature, slanosti i pritiska. Stepen zasićenja vode gasovima zavisi od njenog apsorpcionog koeficijenta. Ako uporedimo, pri normalnom vazdušnom pritisku, stanje *kiseonika* rastvorenog u slanoj i slatkoj vodi, dobićemo sljedeće rezultate:

Temperatura	Slana voda	Slatka voda
0 °C	8.0 O ₂ cm ³ /l	10.3 O ₂ cm ³ /l
15 °C	5.8 O ₂ cm ³ /l	7.2 O ₂ cm ³ /l
30 °C	4.5 O ₂ cm ³ /l	5.6 O ₂ cm ³ /l

Sa smanjenjem temperature i saliniteta vode, količine kiseonika se povećavaju. Razmjenom gasova između atmosfere i vode i fotosintetičkom aktivnošću vodenih biljaka, kiseonik dospijeva u prirodne vode. Oslobođeni kiseonik se u procesu fotosinteze rastvara u vodi. Od aktivnosti organizama zavisi količina kiseonika u vodi. U površinskim slojevima jezerske vode, ljeti, kada je fotosintetička aktivnost algi na vrhuncu, može da dođe do prezasićenja kiseonikom. U dubljim slojevima vode, nema ni planktonskih algi, zbog nedostatka svjetlosti, te nema ni proizvodnje kiseonika, a ni razmjene gasova sa atmosferom. Turbulentnim miješanjem površinske i dubinske vode, utrošeni kiseonik se ovdje obnavlja.

Iz hladne vode, koja, kao teža, pada prema dnu, dublji slojevi okeana se snabdijevaju kiseonikom. Hladna voda pristiže zahvaljujući morskim strujama koje iz polarnih oblasti transportuju hladnu vodu bogatu kiseonikom. Ove struje ne mogu da dopru do zatvorenih mora, pa je u njima manje kiseonika koji pri dnu može i da izostane. U Crnom moru, ispod dubine od 200 m, nema rastvorenog kiseonika, te su dublji slojevi ovog mora naseljeni samo anaerobnim bakterijama.

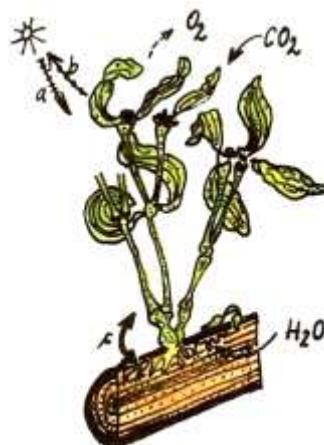
Sezonskim i lokalnim oscilacijama količine kiseonika u vodenoj sredini, vodeni organizmi se na različite načine prilagođavaju. Zbog nedostatka kiseonika u nekim dijelovima mora, viši organizmi se povlače s tih prostora, a ako to nisu u mogućnosti, tada uginu. Takav je slučaj sa Crnim morem, sjevernim Jadranom, Santa Barbarom u Kaliforniji, fjordovima i dr. Vodeni insekti uzimaju direktno kiseonik na kontaktu vode i atmosfere, a neki sa sobom odnose i mijehurić vazduha oko svoga tijela ili ispod krila. Tokom ljeta, u jezerima gdje se javlja manjak kiseonika, organizmi nastanjeni u dubljim dijelovima migriraju u gornje slojeve bogatije kiseonikom.

Ugljen-dioksid za biljke koje žive u vodenoj sredini ima primaran značaj. U vodi se sreće u obliku ugljene kiseline, zatim kao vezani CO₂ u obliku karbonata i bikarbonata. Njegova je koncentracija u vodi veća za 150 puta od one u atmosferi. *Ugljen-dioksid* zelene alge uzimaju iz bikarbonata i tako omogućavaju formiranje karbonata.

3. BIOTIČKI FAKTORI

Utvrđeno je da abiotički faktori imaju najveći uticaj na organizme. Međutim, i živi organizmi, tokom svog razvoja i razvića, utiču jedni na druge. Danas, kao i u ranijim periodima razvoja Zemlje, živa bića se međusobno prilagođavaju. Sva ta prilagođavanja dovela su do današnjeg nivoa brojnosti populacija koje čine biocenozu. Ukupnost uticaja koji dolaze od organizama na određenu vrstu nazivamo **biotičkim faktorima** date sredine. Uticaji koji dolaze od strane čovjeka pripadaju ovoj grupi faktora, ali ih, zbog karaktera svojstvenog samo njemu, načinu i intenzitetu ispoljavanja, izdvajamo kao poseban **antropogeni faktor**.

Uticaji koje organizmi vrše jedni na druge (mnogo su raznovrsniji i složeniji od uticaja koje vrše abiotički faktori) mogu biti neposredni i posredni. *Neposredni uticaji* su vezani za direktni uticaj jednog organizma na drugi. Tako imela (*Viscum album*) crpi direktno od drveta na kome raste vodu i mineralne elemente (Sl.47). Mijenjajući uslove sredine, organizam na posredan način utiče na druge organizme, što se označava kao *posredan uticaj*. *Intraspecijskim* odnosima nazivamo dejstva između pripadnika iste, a dejstva između jedinki različitih vrsta - *interspecijski odnosi*. Međusobni uticaji organizama mogu biti stalni i obavezni, pa ih nazivamo *obligatnim odnosima*, ali mogu biti i privremenog karaktera, a zato ih označavamo *fakultativnim*.



Sl.47. Hemiparazitska vrsta Bijela imela (*Viscum album*).
Izvor: <http://free-os.htnet.hr/msp/lov/images/pr4.jpg> (orig. Z.P., 1994).

Odnosi koji se formiraju između organizama mogu imati *pozitivan, neutralan i negativan efekat* (dejstvo, učinak) na rast, razviće i reprodukciju i opstanak neke vrste na datom mjestu. Najviše su vezani za iskorišćavanje prostora, hranidbenih izvora (resursa, bogatstava), zaklona, zaštite, pogodnih mesta za stanovanje, kao i razmnožavanje, i drugih potreba.

Postoje sljedeće kategorije odnosa između organizama:

1. *Neutralizam* (prosto prisustvo organizama, gdje jedni drugima ne smetaju i ne pomažu, odnosno ne djeluju aktivno jedan na drugog).
2. *Kompeticija*. Međusobni uticaji u slučajevima da vrste imaju iste ekološke zahtjeve po pitanju hrane, prostora, zaslona i razmnožavanja. U tom slučaju, dolazi do preklapanja ekoloških niša srodnih vrsta. Duže trajanje kompeticije najčešće dovodi do odstranjivanja jednog od suparnika (kompetitora) iz određene sredine.
3. *Mutualizam*. Svi organizmi imaju korist od međusobnog uticaja. Radi se o obostranom i obligatornom odnosu (simbioza) između organizama.
4. *Protokooperacija*. Od prisustva korist imaju i jedan i drugi predstavnik vrste. Odnos između njih je fakultativan (neobavezan).
5. *Komensalizam*. Ovdje se radi o obligatornom odnosu, u kome jedan organizam ima korist, a drugi je neutralan u odnosu na prvog.
6. *Amensalizam*. To je jednostran fakultativni odnos, koji je za jedan organizam negativan, ali je za drugoga neutralan.
7. *Parazitizam* je jednostran, obligatoran ili fakultativan odnos. On je negativan za domaćina, a pozitivan za parazita.
8. *Predatorstvo*. Ovdje se radi o jednostranom obligatornom ili fakultativnom odnosu, koji je pozitivan za grabežljivca, a negativan za plijen, pošto grabežljivac odmah ubija plijen.

Predatorstvo je dijelom modifikovano kada se radi o herbivornim organizmima (biljojedi). Oni "ubijaju" jedan dio biljke i biljka na taj način trpi štetu, a biljojedi od toga imaju korist. I pored toga, biljka uvijek iz preostalog dijela koristi mogućnost regeneracije.

Paraziti koriste domaćina duže vrijeme i ne ubijaju ga odmah. Svojom metaboličkom aktivnošću, kao i proizvodnjom određenih supstanci, biljke obezbjeđuju hranu za parazite. Biljke nastoje svojim prilagođavanjem da se riješe parazita. Uticajima parazita na biljkama se uočavaju hloroze i nekroze tkiva, pa i odumiranje dijelova i umiranje biljke u cjelini.

3.1. Uzajamni odnosi između biljaka

Međusobni uticaji (*koakcije*) između biljaka su vremenski i prostorno veoma kompleksni i dinamični. Odnosi između biljaka (kao i unutar živog svijeta uopšte) mogu biti pozitivni, neutralni i neprijateljski (antagonistički, suparnički). Koakcije kod biljki mogu biti neposredne (mehanički ili fizički, i fiziološki ili biohemijski) i posredne (kroz promjenu fizičkih i hemijskih uslova sredine).

Neposredni ili direktni uticaji vezani i za *mehaničke ili fizičke uticaje* karakteristični su za *kontaktne koakcije* između dvije ili više vrsta. Izdvajamo odnos *epifita i lijana* prema biljci na kojoj ili uz koju rastu. U našim prostorima,

epifite najčešće pripadaju algama (*Pleurococcus, Trenthepolia*), zatim lišajevima i mahovinama. Viđamo ih na stablima i granama drveća, gdje epifite nalaze svoj prostor, ali često obrastaju oko domaćina, te mu nanose štetu. Zbog toga se, iako od domaćina ništa ne uzimaju, označavaju i kao *paraziti*.

Jedna biljna vrsta, u okviru kontakata između biljaka, može da stekne prednost u odnosu na drugu i da izazove i određenu štetu biljci domaćinu. Ovakve tijesne, međusobno kontaktne, simbiotske odnose, nazivamo *parazitizmom* ili *poluparazitizmom*. Paraziti (u okviru biljnog svijeta), koji tokom cijelog svog života crpe od svog domaćina energiju, vodu i minerale, pripadaju biljkama koje nazivamo *holoparaziti* (obligatne parazitske biljke). Parazitiranje može da se odnosi na jednu ili više vrsta biljaka, ali neke su specijalizovane samo za stablo (*paraziti stabla*), ili korijen (*paraziti korijena*). Tako vrste roda *Helosis*, *Oronbanche*, *Cynomorium* i druge naseljavaju korjenove, vrste roda *Cuscuta* naseljavaju stabla, a na korjenove se naseljavaju. Tipične holoparazitske biljke imaju najčešće blijeđožućastu boju i sitne redukovane listove na ljsupice, a često redukovani i cijeli nadzemni izdanak.

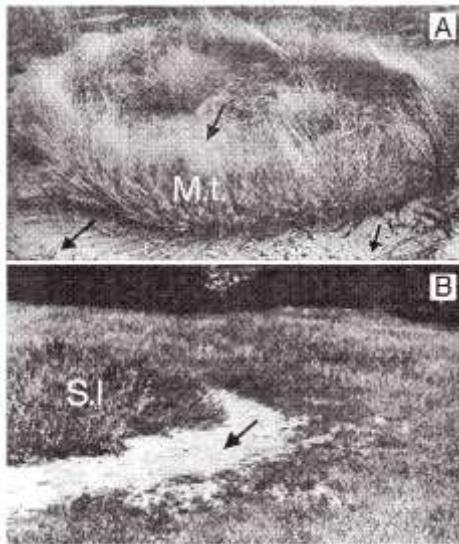
Sve biljke koje obavljaju proces fotosinteze, a parazitiraju na drugim biljkama, ubrajamo u *hemiparazite*. Od biljke domaćina one uzimaju vodu i minerale. Karakteristične su po tome da slabije vrše fotosintezu, a intenzivniji im je proces disanja. Razvijaju se i na stablu i korijenu drugih biljaka. Kod nas je veoma raširena bijela imela (*Viscum album*).

Srstanje korjenova gustih smrčevih i borovih šuma jedan je od primjera *fizioloških koakcija*. Ovim načinom se razmjenjuju supstance, što može dovesti do povoljnog ili štetnog dejstva za jednu ili obje individue.

Brojne biljke su u stanju da luče aktivne hemijske supstance i time vrše *biohemijski* ili *alelopatski uticaj* (Sl.48). Najčešće razlikujemo četiri grupe posebnih hemijskih supstanci koje luče organizmi i koji imaju određeno dejstvo na druge organizme:

1. *Kolini*, pomoću kojih se onemogućuje (sprečavaju) rast i razviće drugih biljaka u okolini. Oni su predstavljeni masnim kiselinama kratkog lanca, etarskim uljima, alkaloidima, steroidima, fenolnim jedinjenjima i derivatima kumarina.
2. *Fitoncidi* ili *filoaleksini* (od grčke riječi *phyton* – biljka, *alekso* – braniti), djeluju toksično na mikroorganizme.
3. *Marazmini* (luče ih mikroorganizmi) sprečavaju obavljanje određenih funkcija biljaka, kao što je, npr., gljiva *Fusarium lycopersici*, koja živi na paradajzu i luči jedan oblik marazmina, likomarazmin, koji djeluje na sušenje listova.
4. *Antibiotici*, koje luče mikroorganizmi na druge mikroorganizme.

Tipičan primjer alelopatskog djelovanja predstavlja orah (*Juglans nigra*). On alelopatski djeluje tako što u krugu od preko 25 m luči supstancu koja velikom broju biljaka onemogućava da opstanu unutar njega. Brojne vrste iz familija *Lamiaceae*, *Myrtaceae* i drugih, ispuštajući elelopatske terpentine i rastvorljive fenole u zemljište, utiču na slabije prisustvo drugih biljaka.



Sl.48. Alelopatski uticaji onemogućavaju rast drugim biljkama: strelice označavaju neobraštao prostor u blizini američke prerijske trave *Muhlenbergia torreyi* (A) i vrste *Salvia leucophylla* (B) iz kalifornijske sklerofilne vegetacije. Po Mulleru, 1965 (67,385).

Utičući na mijenjanje i formiranje faktora koji dolaze iz spoljašnje sredine, biljke vrše **posredan uticaj**. Tokom svoga razvića, dominantne biljke mogu značajno da promijene uslove životne sredine i na taj način utiču na rast i razviće mnogih biljnih vrsta, kao što je slučaj i sa šumskim zajednicama. Šuma utiče na kvalitet, vlažnost i druge osobine zemljišta, ali i raspored biljaka u okviru šumske zajednice.

Konkurencije ili kompeticije postoje između susjednih biljaka na određenom prostoru kada su u pitanju svjetlost, voda, mineralne komponente zemljišta, i sl. Gusto zastupljene na određenom staništu, mlade biljke bore se za prostor i u tako istiskuju jedne druge, pa se broj individua smanjuje. Dobrim dijelom, kroz odnose konkurenциje tokom svog života, biljke, razvijajući se i dobijajući određeni oblik, mijenjaju i abiotičke uslove u svojoj sredini i time omogućuju nestanak jednih i pojavu drugih vrsta, koje su adaptirane na novonastale uslove.

Konkurentске između različitih vrsta označavamo kao *interspecijsku kompeticiju*, a odnose između jedinki iste vrste označavamo kao *intraspecijsku kompeticiju*.

Intraspecijska kompeticija se javlja kada na staništu nema dovoljno prostora, vode i mineralnih elemenata za sve jedinke date populacije koje u osnovi imaju iste zahtjeve za elementima sredine. Jedinke koje ostaju uskraćene za neophodne uslove življjenja zaostaju u razvoju, postaju manje plodne i na kraju prestaju biti dio populacijske zajednice.

Borba konkurentskih biljnih vrsta predstavlja *interspecijsku kompeticiju*. Najčešće se završava tako što svaka vrsta pronađe samo njoj svojstven način korišćenja bogatstava sredine i tako može da dođe i do prestanka konkurentskih odnosa.

3.2. Uzajamni odnosi biljaka i mikroorganizama

Između biljaka i mikroorganizama (virusi, bakterije i mikroskopske gljive) razvijaju se odnosi koji mogu biti *direktni (neposredni)*, *indirektni (posredni)*, a u okviru njih *parazitski (negativni)* i *simbiotski*.

Pozitivne odnose između biljaka i mikroorganizama nazivamo **simbiotskim odnosima**. Biljke obogaćuju zemljište izlučevinama iz korijena i organskim jedinjenjima koje pogoduju rastu mikroorganizama. Rrazlažući organski otpad, biohemija jedinjenja, fototoksične supstance i podstičući razlaganje mineralnih soli koje postaju dostupne biljkama, sa svoje strane mikroorganizmi su korisni za njih. Osim toga, oni su korisni biljkama, jer učestvuju i u procesima azotifikacije, amonifikacije i nitrifikacije i tako ih pomažu u snabdijevanju azotom.

Kod viših biljaka je veoma rasprostranjena *Mikoriza* (simbioza korijena viših biljaka i gljiva - 83% kod dikotila i 79% kod monokotila, u potpunosti kod golosjemenica). Od biljke domaćina, mikorizne gljive crpe ugljene hidrate i druga organska jedinjenja. Mikorizna zajednica je korisna za biljku, jer se tako povećava apsorpcijska površina biljke koja je uključena u ovu zajednicu. Tako mineralni elementi, kao i azot, sumpor i voda, postaju pristupačniji biljkama, a otpornost korijena biljaka na uticaj patogenih organizama i sušu se povećava.

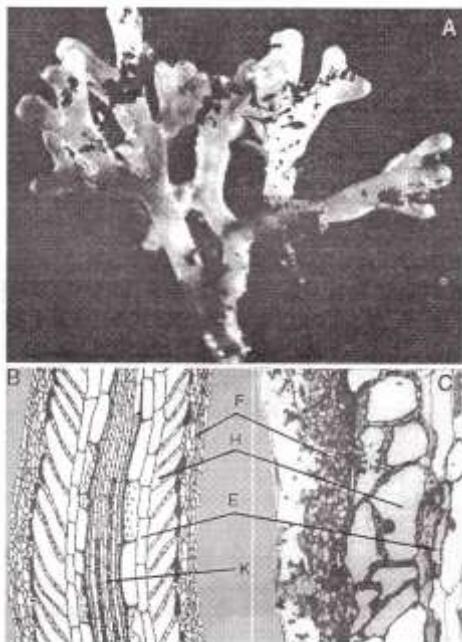
Ektomikorizom nazivamo mikoriznu zajednicu kod koje se *micelijum* (vegetativno tkivo gljive) razvija na površini korjenova viših biljaka (Sl.49). Ona je karakteristična za drvenaste cvjetnice koje naseljavaju umjereni pojas sjeverne Zemljine polulopte (drveće reda *Fagales*, predstavnici familije *Pinaceae*), a na južnoj polulopti vezana je za vrste roda *Nothofagus*, kao i familije *Casuarinaceae* i *Myrtaceae*. U sastav ove zajednice najčešće ulaze gljive iz podrazreda *Ascomycotina* i *Basidiomycotina*.

Endomikoriznu zajednicu imamo kada se veći dio micelijuma nalazi unutar korijena više biljke. Ona je rasprostranjena kod golosjemenica i cvjetnica, zeljastih i drvenastih biljaka, paprati i mahovina u tropskim, umjerenum i hladnim klimatskim oblastima. Gljive iz podrazreda *Zygomycotina*, zajedno sa korjenovima predstavljenim biljkama, čine endomikoriznu zajednicu.

Negativne odnose kod kojih mikroparaziti napadaju određenu ili manji broj različitih biljnih vrsta nazivamo **parazitski odnosi**. Rjeđe se dešava da parazitski mikroorganizam zarazi veliki broj biljaka domaćina. Poznato je da negativnom uticaju virusa bronzičavosti paradajza mogu biti izložene 166 vrste biljaka iz 34 familije.

Mikroorganizmimi koji se svrstavaju u obligatne parazite, kao što su biljni virusi, određene sluzave gljive (*Plasmodiophora brassicae*), "više" (*Puccinia graminis*, *Erysiphe communis*) i "niže" (*Perenospora parasitica*, *Olpidium brassicae*) gljive, najčešći su paraziti kod biljaka. Neki fakultativni parazitski mikroorganizmi mogu da žive u vodi, organskim ostacima i u zemljištu, pa da u odgovarajućim uslovima počnu da parazitiraju i tako nanose štete biljkama (npr. "niža" gljiva *Pythium spp.*).

Prodirući u biljna tkiva i ćelije gdje počinju da rastu i da se umnožavaju bakterije, virusi i gljive izazivaju morfogenetske promjene na biljci. Proizvodeći biološki aktivne supstance, patogeni organizmi preusmjeravaju i kontrolišu rast domaćina. Svojim negativnim djelovanjem, mikroparaziti mogu izazvati *hiperplastične* diferencijacije, izražene kroz preobimna debljanja određenih dijelova biljke i stvaranje različitih izraštaja, ali i *hipoplas-tične promjene* (kržljavost plodova, listova i izdanaka i dr.).



Sl.49. Ektomikoriza na korenovima bora (*Pinus sp.*) (A), kod kojih se na uzdužnom preseku (B i C) uočava spoljašnja fungalna futrola (F) i hife gljiva koje prave Hartigovu mrežu (H), prodirući do ćelije epidermisa (E) korena, u čijem su središnjem delu ksilemski elementi (K) – (67,395).

Nekrotrofni paraziti svojim djelovanjem mogu da dovedu do truljenja pojedinih tkiva i organa, ali i do smrti biljke domaćina, ali najčešće svojim djelovanjem izazivaju odumiranje dijelova biljke. Mikroparaziti često nastavljaju da žive na odumrlim dijelovima biljke. *Biotrofni* paraziti mogu da opstanu samo na živoj biljci, odnosno na dijelovima koji nisu oštećeni ili nekrotizovani.

Antimikrobijalnim supstancama ili *fitoaleksinima*, ali i *lignifikacijom* i *suberinifikacijom* (strukturnim promjenama) biljnih ćelija i tkiva, biljke se bore protiv parazita. Biljni odbrambeni mehanizmi ponekad omogućuju da se oporavi i trpi (podnosi, postaje tolerantna) specifičnog parazita i druge patogene organizme.

3.3. Uzajamni odnosi između biljaka i životinja

Između bijaka i životinja postoje brojni, i najčešće veoma složeni odnosi, koji mogu da budu *privremeni (neobavezni)* i *stalni (obavezni)*, kao i *pozitivni* i *negativni*, ali i *manje ili više intenzivni*. Od životnog doba i brojnosti organizama koji utiču jedni na druge zavisi učestalost odnosa između njih. Biljke su osnova prehrabrenog lanca u svakom ekosistemu, jer je ishrana životinja *direktno* (hrane se biljkama) ili *indirektno* (druge životinje se hrane životnjama koje troše biljnu hranu) oslonjena na njih.

Koakcije između biljaka i životinja obuhvataju *predatorstvo* (herbivora i biljaka, kao i karnivornih biljaka i životinja) i mutualističke odnose *oprasivanja i rasijavanja sjemena i plodova*. Kod biljaka, brojne životinje nalaze sklonište, kao i svoj životni prostor - u šupljinama drveća ili na drveću.

Postoji i obostrano koristan odnos između biljaka i životinja, kao što je mutualistički odnos mrava i nekih akacija iz Srednje Amerike. Tako veoma agresivni mravi vrste *Pseudomyrmex ferruginea* prave svoja gniazda u šupljinama bodlji *Acacia cornigera*, ali i kod drugih vrsta ovog roda. Sa vršnog dijela listića, oni crpe proteine, a same biljke ekstrafloralnim nektarijama privlače ih i omogućuju im da uzimaju šećere. Iz mrvljih ekskremenata (izmeta), biljke se obezbjeđuju mineralnim supstancama, a mravi, sa svoje strane, štite biljku od fitofagnih insekata, herbivora i kompetitora. I u tropskim predjelima dolazi do sličnih asocijacija mrava i biljke.

3.3.1. Odnosi herbivornih životinja i biljaka

Životinje koje za ishranu koriste biljke ili njihove određene dijelove nazivamo **herbivorama**. Životinje mogu za ishranu da koriste sav nadzemni dio zeljastih biljaka ili samo plodove, lišće i cvjetne dijelove, ali i da jedu korijenje i izvlače sokove iz biljaka. To je drugačiji vid predatorstva od onog koji je karakterističan za životinjski svijet, u kom predator u lovnu ubija plijen. Koristeći biljku kao svoj plijen, herbivore je ne uništavaju. Paša, ako nije intenzivna, ima pozitivan efekat za održavanje savanskih i stepskih bioma. Međutim, brstenjem listova klijanaca, ali i mladih listova listopadnog drveća, herbivore negativno utiču na proizvodnju biljne mase i rast biljke.

Izrastanjem čekinjaste dlake, trnova, bodlji, proizvodnjom veće količine smole, mliječnog soka ili prožimanjem zidova ćelija ligninom ili silicijumom, biljke se brane od herbivora. Tako se krupnim herbivorama onemogućava pristup sočnim dijelovima biljke. Kaktusi u Americi, zatim vrste *Vella spinosa*, *Erinacea anthyllis*, *Astragalus tragacantha* i *Euphorbia acanthothamnus* na prostoru Sredozemlja i *Acacia acantoclada* karakteristična za savane Afrike, imaju odbrambeni sistem u vidu bodlji i trnova. Biljke za odbranu koriste i biohemski supstance koje sprečavaju sve vrste herbivora (tanini, polifenoli, neki terpentini), a druge odbijaju samo određene herbivore (takvi su alkaloidi i cijanogenični glikozidi).

Krupne herbivore đubrenjem zemljišta utiču na veće učešće organskih i azotnih jedinjenja u zemljištu. Tako se formira specifično *nitrofilno zemljište*, koje pokriva nitrofilna (ruderalna) vegetacija. Gaženjem, krupnije herbivore sabijaju zemljište, mijenjaju njegovu strukturu, vlažnost, aeraciju, i sl. One svojim kretanjem pritiskaju, lome, gaze cijele biljke i prilikom paše otkidaju dijelove, pa i cijele biljke, koje ne koriste za ishranu.

Izložene negativnim uticajima herbivora, biljke postaju manje otporne na ekstremne klimatske uslove (niska temperatura i suša) i zagađenja. Oštećene biljke postaju manje otporne na bolesti. Kod pretjeranog razmnožavanja insekata i glodara i njihovog *kalamiteta* ili najeze, kao što se dešava kod gubarevih gusjenica i skakavaca, odnosi između biljaka i biljojeda mogu imati tipični odnos predator – pljen.

3.3.2. Karnivorne biljke

Neke biljke za sintezu organskih jedinjenja koriste određene elemente tako što rastvaraju (razgrađuju) životinje. One obezbjeđuju supstance neophodne njihovom metabolizmu tako što ih na različite načine hvataju, zarobljavaju i "vare", pa ih nazivamo *mesožderke* ili *karnivorne biljke*. Najčešći pljen su im insekti, pa ih označavamo i *insektivornim biljkama*. Njihova staništa su siromašna određenim mineralnim elementima, a naročito azotom. Ove biljke manjak mineralnih elemenata nadoknađuju tako što razlažu uhvaćene životinje i za potrebe svoga metabolizma koriste potrebne elemente. Njihova staništa su vezana za vulkanski pjesak, tresave, vlažna i sjenovita mjesta tropskih šuma i vodene basene.

Karnivorne biljke hvataju insekte ljepljivim žlezdastim dlakama koje se nalaze na listovima (vrste *Drosophyllum lusitanicum*, *Drosera nitidula*, *Drosera capensis*, *Drosera anglica*), ali i listovima-klopkama, na čijoj ivici se nalaze dlake u obliku bodlji (npr. vrsta *Dionaea muscipula* ili muholovka).

Mesožderke su najviše zastupljene u tropskim predjelima, ali se nalaze i u drugim klimatskim zonama. Iz razloženih ostataka plijena, ove biljke najviše uzimaju azot, sumpor i fosfor. Biljka luči proteaze, enzime, fosfataze i lipaze i tako razgrađuje organsku masu ulovljenog organizma. Simbiontski organizmi, lučеći hidrolitičke enzime, ubrzavaju razlaganje uhvaćenog organizma.

3.3.3. Mutualistički odnosi biljaka i životinja u procesima oprašivanja i rasijavanja plodova i sjemena

U procesima *oprašivanja* (zoofilija) i *rasijavanja sjemena i plodova* (zoohorija), dolaze do izražaja mutualistički odnosi između biljaka. Zbog ishrane (privučeni bojom ili oblikom cvjetova ili određenim hemijskim supstancama koje biljka proizvodi), *oprašivači* ili *polinatori* prilaze biljkama. Prilagođavajući se međusobno jedni drugima, oprašivači i cvjetnice su vremenom evoluirali, te se adaptivne osobine biljnog organizma ne mogu objasniti bez uzimanja u obzir adaptivnih osobina drugog učesnika (životinje).

Strukturnim karakteristikama oprašivača, cvjetovi biljaka su često prilagođeni, te smo na osnovu toga izdvojili *alofilne* (nespecifično adaptirane – breza, javor,

vrba), *hemifilne* (umjereno specijalizovane) i *eufilne* (visokospecifično prilagođene) cvjetove. Biljke kod kojih cvjetove opršuje samo jedan opršivač označavamo kao *monofilne*, mali broj opršivača kao *oligofilne*, a one čiji polen prenosi veći broj opršivača, ubrajamo u *polifilne*.

Primarni atraktant koji podstiče opršivače da slijede na cvjetove skrivenosjemenica i na šišarke nekih golosjemenica je *polen* ili *cvjetni prah*. Opršivačima polen je koristan izvor hrane zbog sadržaja proteina (16 – 30 procenata), šećera (15%), lipida (3 – 10%), skroba (1-7%), kao i azota, kalijuma, fosfora, kalcijuma, gvožđa, bora, i dr. Opršivači sakupljaju polen tako što slijede na više cvjetova i na taj način ga prenose sa jednog cvijeta na drugi.

I *nekter* je značajan primarni atraktant. Šećeri (saharoza, glukoza i fruktoza), a u manjim količinama i azotna i mineralna jedinjenja, ulaze u hemijski sastav nektara. Luče ga sekrecioni organi, koji su smješteni unutar cvjetnih dijelova, nektarije (žljezdaste strukture) u vidu slatkog soka.

Skrivenosjemenice proizvode, uslovno, prijatne i neprijatne *mirise*. Od jedinjenja kao što su masne kiseline, metil-estri i dr., potiču prijatni mirisi. Neprijatni mirisi rezultat su prisustva ugljovodonika, masnih kiselina i azota u cvjetovima. Kod vrste *Rafflesia* i *Stapelia*, cvjetovi otpuštaju miris koji podsjeća na trulo meso i tako privlače muve i insekte strvinare. Za razliku od njih, veoma prijatni mirisi cvjetova iz familije *Lamiaceae*, *Valerianaceae* ili *Rutaceae*, privlačni su insektima zbog polena i nektara koji su za njih izvanredna hrana.

Značajne vizuelne atraktante predstavljaju *boja*, *veličina* i *oblik cvijeta*. Krupniji i kontrastnije obojeni cvjetovi najviše privlače opršivače. Za dnevne insekte su privlačni cvjetovi žute, plave i ljubičaste (najbolje ih uočavaju) boje, za ptice - cvjetovi crvene, a za noćne opršivače - bijedje boje.

3.4. Uzajamni odnosi između životinja

Unutar živog svijeta izdvajamo osam glavnih kategorija interspecifičkih odnosa između organizama. Analiziraćemo ih unutar odnosa na relacijama *biljke* - *biljke* – *životinje*. Ovo grupisanje je uprošćeno i treba imati na umu da između određenih kategorija odnosa postoje brojni prelazi. Zavisno od stupnja razvića, u prirodi se odnosi između dva organizma tokom vremena mogu mijenjati, a jedan organizam može da gradi drugačije odnose prema organizmima različitih vrsta.

Interspecifička kompeticija ima veliki značaj u borbi za opstanak. Svojstvena je jedinkama dviju vrsta koje imaju slične ili iste ekološke zahtjeve. Ovi konkurenčki odnosi imaju uvijek negativno dejstvo za oba kompetitora. Kao primjer navodimo larve dvije vrste muva, *Crysomya shloropyga* i *Lucilia sericata*, kod kojih se povećava smrtnost kada im stoje ograničene količine mesa kojima se hrane. Ali, kada se larve *Lucilia sericata* nađu u kompeticiji sa larvama *Crysomya albiceps*, budu pojedene i pored toga što ove druge u normalnim okolnostima nisu grabljivice.

Komensalizam (korisnost odnosa samo za jednog partnera) nalazimo u odnosima sesilnih infusoria (*Vorticella*, *Epistylis*, *Suctoria*) i pokretnih rakova i

mekušaca koji im služe samo kao životni prostor. On se ispoljava i u slučajevima gdje organizmi koriste mesta stanovanja drugih životinja gdje im odgovara vlažnost, tama i gdje su zaštićeni, a mogu koristiti i ostatke hrane (unutrašnjost krtičnjaka koriste coleopteri *Neuraphes talparum* i *Aleochara spadicea*, gnijezda mrava naseljavaju insekti *Atelura formicaria* i *Myrmecophila acervorum*).

Ako je odnos između organizama recipročan i obligatoran i pozitivan za partnere, označavamo ga kao **mutualizam** (*simbioza*). Tako se ptica pastirica hrani krpeljima i drugim ektoparazitima, slijеćući na ovce. Mutualizmom označavamo i zajednički život morskog raka – pustinjaka *Eupagurus prideauxi*, koji nastanjuje ljuštu puža i aktinije *Adamsia palliata*, koja se čvrsto drži puževe ljuštura. Oko aktinije, koja jede ostatke hrane kojom se on hrani, rak svojim kretanjem osvježava vodu, a otrov aktinije štiti raka od njegovih neprijatelja.

Odnos u kome jedna vrsta, izlučujući metabolite, sprečava rast i razmnožavanje druge vrste, predstavlja **amensalizam**. Ovo sprečavanje može da se završi uginućem druge vrste. Tako bakterije i gljive koje proizvode antibiotike sprečavaju razvoj drugih mikroorganizama. Brojni antibiotici se koriste u medicini protiv patogenih bakterija. Vrste iz grupe aktinomiceta proizvode teramicin, streptomycin, ksantomicin, aureomicin, neomicin, hloramfenikol i druge antibiotike.

Predatorstvo (jednostran odnos koji je povezan sa ishranom) je odnos koji je pozitivan za grabežljivca, a negativan za plijen. Sve organizme koji se hrane jedinkama drugih biljnih i životinjskih vrsta smatramo predatorima. To je odnos grabljivice i plijena, kada jedinka jedne vrste proždire drugu, kao kod geparda i tomponove gazele, lisice i miša, vilinog konjica i mušica, i dr.

Predator i plijen se prilagođavaju jedni drugima po pitanju napada i odbrane, gonjenja i bježanja od gonioca, prikrivanja radi napada ili odbrane (Sl.50). Tokom evolucije, životinje su razvile vrlo raznovrsna sredstava po pitanju odbrane i napada. Nekim životinjama, sistem mišića (muskulatura) je tako razvijen, da može da služi i za napad i odbranu (npr. surla slona i rep krokodila). Sredstva kojima predator napada plijen su se najčešće razvila u nivou usnenog otvora (rilice turbelarija, pipci kod dupljara, zubi kod kičmenjaka, i sl.). Otvorne žlijezde zglavkara i kičmenjaka, ali i električni organi riba, služe kao uspješno sredstvo za napad, ali i odbranu.

Različita sredstva za odbranu srećemo u životinjskom svijetu (npr. spoljašnji skelet zglavkara, dupljara i bodljokožaca, a rjeđe i kod kičmenjaka, žarne ćelije dupljara). Ipak, bježanjem, životinje se najviše spašavaju (Sl.51). Bježeći, neke životinje odbacuju i dijelove tijela na posebno određenim mjestima, kao npr. gušteri koji odbacuju rep, kišne gliste - odbacujući dijelove tijela, morske zvijezde - odbacujući krake, ili brojni zglavkari, koji odbacuju noge. Refleksno odbacivanje dijelova tijela se označava kao *autotomija*.

Bježanje često nije dovoljno da bi se neke životinje spasile, te jedne koriste zaklon, neke druge se nastoje spasiti zarivanjem u pijesak ili mulj, a mnoge to čine gradeći jazbine i hodnike u zemljištu (glodari, larve insekata), ili poprimajući boju okoline (homohromija) i sl. Zaklone često koriste i predatori, da bi se prikrili, ili ih koriste kao klopke, radi lakšeg dolaženja do plijena (npr. buba pješčara).

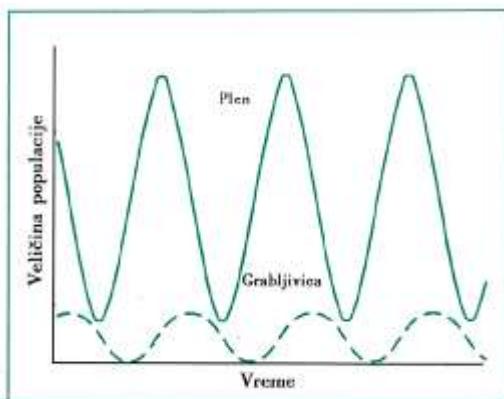


Sl.50. Gepard (1) i tompsonova gazela (2), primjer grabežljivca i plijena.

Izvor (1): znanje.org/i/i25/05iv04/05iv0425/gepard.htm

Izvor (2): <http://sveozivotinja.blogspot.ba/archiva/2009/09/24/2319844>

Na određenom prostoru, od količine hrane zavisi brojnost populacije predatora, a brojnost plijena od njegove sposobnosti izbjegavaju grabežljivica. Na primjer, brojnost nekih predatora zavisiće i od brojnosti nematoda. Insekti iz reda *Collembola* hrane se nematodom kupusa (*Heterodera cruciferae*). Repinu nematodu (*Heteroderaschachiti*), kao i nematodu djeteline (*Heterodera trifolii*), napada *Onychiurus armatus*. Po pravilu, brojnost predatora je manja od brojnosti plijena.



Sl.51. Uslovjenost brojnosti predatora i plijena. Po Breweru, 1994 (14, 167).

U osnovi, **parazitizam** se ne razlikuje od predatorstva. Ipak, paraziti, za razliku od predavatelja, žive na tijelu domaćina ili u njegovoj utrobi i uglavnom ga ne ubijaju. Veoma je teško povući oštru granicu između parazitizma i predatorstva, jer između njih postoji mnoštvo prelaznih tipova. Pijavica *Haemopis* spada u predatore kada proždire punoglavca, a u parazite kada piye krv kod konja. Međutim, parazitski odnosi mogu biti i privremenog karaktera (fakultativni), kao što je to slučaj sa larvama crva *Aloinema appendiculatum*. Larve ovog crva povremeno prodrnu u krvne šupljine puža golača (*Arion empiricorum*), a domaćina napuštaju kada dostignu polnu zrelost.

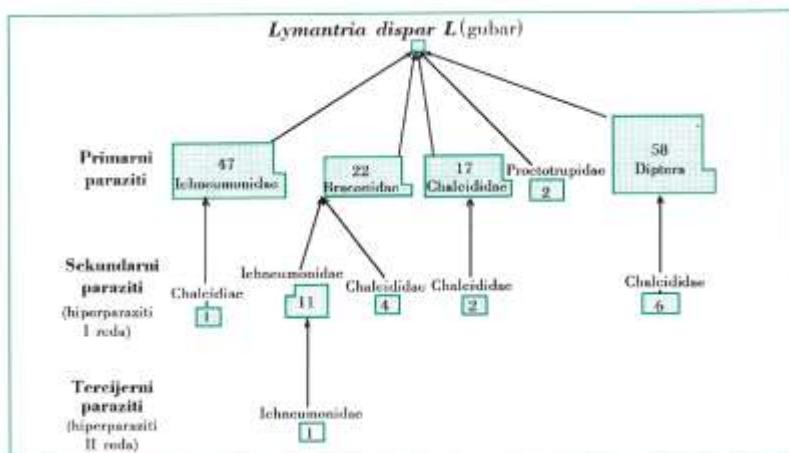
Parazitski način života srećemo u gotovo svim životinjskim grupama. On je manje zastupljen kod najprostije građenih klasa (spužve, dupljari) i među najviše organizovanim grupama (mukušci, kičmenjaci, ehinodermi). Postoji mnoštvo

primjera gdje paraziti imaju svoje parazite. Ovaj odnos označavamo kao *hiperparazitizam* ili *superparazitizam*. Larva pseće pantlijičare *Dipilidium caninum* živi u psećoj buvi. Isto tako, brojni entomofagni insekti parazitiraju kao superparaziti u drugim entomofagnim insektima. Brojnosti štetnih insekata regulišu na prirodan način entomofagni parazitski insekti. Ova veoma velika grupa insekata broji preko 200 000 različitih vrsta (Sl.52).

Najveći dio parazitskih insekata su polifagi, koji napastvuju veliki broj različitih domaćina. Tahina *Compsilura concinnata*, osim što parazitira na gubaru, napada i još stotinak domaćina koji pripadaju grupama *Coleoptera*, *Lepidoptera* i *Tenthredinidae*. Brojnost polifa-gih u direktnoj je vezi sa brojnošću domaćina koje koriste.

Valjkaste i pljosnate glište parazitiraju u crijevnom traktu sisara, riba i ptica. Domaćini ovih endoparazita mogu biti napadnuti sa više ili manje njihovih vrsta i individua. Sisare i ptice napada 3 -14 vrsta, u okviru kojih se može naći 50 - 200 000 individua po domaćinu (Sl.53).

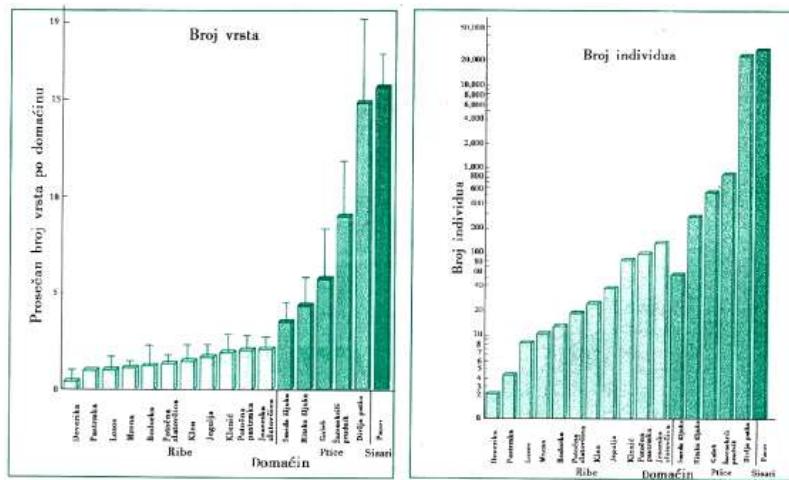
Postoji mnoštvo mogućnosti prilagođavanja parazita datim uslovima. Zahvaljujući svojim morfološkim i fiziološkim odlikama, neki su paraziti u mogućnosti da se smjeste u domaćinu i da koriste njegove sokove, hranu ili tkiva. Metabolizam endoparazita je prilagođen anaerobnim uslovima, kao i uslovima života bez svjetlosti, pa im čulo vida i nije razvijeno. Pošto koriste svaren crijevni sadržaj ili hranljive materije iz krvne ili limfne tečnosti, brojne endoparazitske vrste nemaju razvijen crijevni aparat.



Sl.52. Parazitski kompleks gubara: paraziti i hiperparaziti (Schedl, cit. Stanković, 1962) (14, 61).

Postoje paraziti koji mijenjaju više domaćina, u zavisnosti od plodnosti i toka životnog ciklusa. Takav je slučaj i sa prouzrokovачem malarije (*Plasmodium*), koji je u svojoj bespolnoj fazi vezan za ljudsku krv, a u polnoj fazi živi u crijevu komarca malaričara (*Anopheles*). Sišući ljudsku krv, komarac uvlači u svoje tijelo i prouzrokovache malarije. Opoljeno jaje čovječje pantlijičare (*Diphyllobothrium*) prelazi dug put iz crijeva čovjeka u vodu, gdje dolazi sa izmetom i tu razvija prvi larveni stupanj, koji pliva po vodi sve dok ga ne proguta račić *Cyclops*, kao prvi domaćin posrednik. Nakon toga, kada riba (smuđ) pojede ciklopsa, parazit se

učauri u muskulaturi (stupanj *plerocerkoid*). Sa mesom smuđa, čovjek larvu prenosi u svoje crijevo, gdje se ona razvija u odraslu pantljičaru. Razviće parazita prilagođeno je odnosima ishrane koji su povezali ciklopsa, ribu i čovjeka.



Sl.53. Brojnost vrsta i individua glista kod riba, ptica i sisara. Po BREWERU, 1994 (14, 62).

Glava 3.

EKOLOŠKE INTEGRACIJE

1. POPULACIONA EKOLOGIJA

Do sada smo razmatrali pitanja iz oblasti *analitičke ekologije*, gdje je analiziran odnos organizama, odnosno individua i sredine u kojoj one žive. U prethodnom dijelu, jedinka je stavljena u poziciju izdvojenog biotičkog sistema prema, prije svega, abiotičkim, ali i biotičkim faktorima sredine. Uspješnost sintetičkih ekoloških studija populacija zavisi od poznавanja ovih odnosa. Izučavanje jedinki određene vrste je moguće samo u okviru populacija koje su stvarni oblik njihovog postojanja. Pri tome, populacije kao grupe jedinki određene organske vrste, posmatramo kao organizovane reproduktivne zajednice. Na dejstva ekoloških faktora, jedinke reaguju kao cjelina, i na taj način zajedno mijenjaju uslove sredine, a izmijenjeni uslovi sredine, opet, na njih djeluju kao na cjelinu, odnosno njihovo ponašanje i način života. Iz navedenog proizilazi da se organske vrste u prirodi ne mogu posmatrati kao jednostavan zbir izolovanih jedinki iste vrste, već kao posebno organizovan biotički sistem - populacije. Izučavanjem populacija, otkrivamo brojne zakonitosti, bez čijih se poznавanja ne bi mogla vršiti analiza osobina životne zajednice i ekosistema kao viših integracionih stupnjeva.

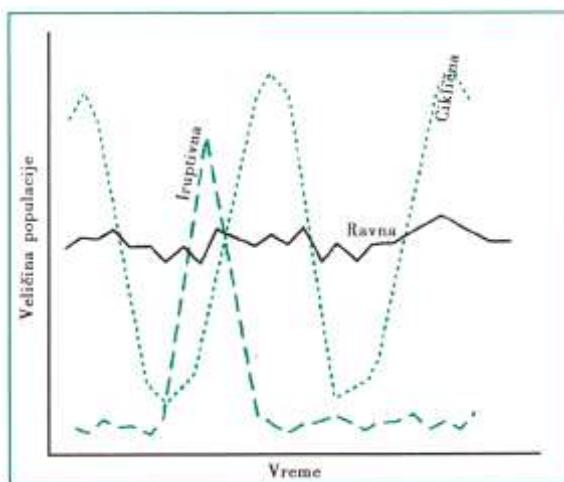
1.1. Definicija populacije i njena osnovna obilježja

Za uspješno definisanje populacije neophodno je, prije toga, poznavanje njenih osnovnih obilježja (atributa, oznaka, osobina, svojstava). U najvažnija svojstva populacija ubrajamo:

- veličinu (brojnost i gustina),
- disperziju i prostorni raspored,
- natalitet,
- mortalitet,
- uzrasnu i polnu strukturu,
- potencijal rasta i
- tok rasta i održavanja populacije.

Osnovni atributi populacije, kao što su rođenje, razvoj, rađanje ili smrt, mogu se vezati i za jedinku, ali nikako i natalitet, mortalitet ili uzrasna struktura, koji su karakteristični za grupe.

Populacija je nešto što je podložno promjenama i nalazi se u stalnom kretanju. Tokom vremena, veličina i unutrašnji sastav populacije se mijenjaju, odnosno populacija se nalazi u stalnom pokretu. Promjene veličine populacije grafički se mogu predstaviti pomoću ravne, ciklične i irruptivne krive. Koristeći zadnja dva oblika krivih, prikazujemo izrazite promjene brojnosti populacija, s tim da se ciklična krija obnavlja u relativno pravilnim razmacima (Sl.54). Sastavni dijelovi pojma *dinamike populacije* su promjene kao što je stopa rasta populacije, fluktuacija gustine populacije, faktori koji utiču na promjene i mehanizam kontrole i regulacije kretanja populacije.



Sl.54. Oblici populacionih krivih. Po Brewer-u, 1994 (14, 63).

Ranije smo dali kraću, a sada predstavljamo i jednu širu definiciju populacije: Pod **populacijom** podrazumijevamo grupu jedinki iste vrste koje žive istovremeno na određenom prostoru, imaju zajednički genofond (skup nasljednih faktora) i međusobno se razmnožavaju i pripadaju istom ekosistemu.

Prirodne populacije predstavljaju predmet ekoloških izučavanja. Vrlo često se u ekološkim istraživanjima koristimo eksperimentalnim populacijama (gajenim u laborato-rijama), jer ne postoji bitna razlika između njih i prirodnih populacija. Metodske postupke koji se koriste u *demografiji* (nauka o ljudskim populacijama) preuzimamo pri proučavanju životinjskih populacija.

1.2. *Veličina populacije*

Kvantitativna karakteristika populacije izražena je njenom veličinom, koju iskazujemo kroz njenu brojnost i gustinu. *Brojnost* populacije predstavlja ukupna zastupljenost njenih jedinki na nekom prostoru. Ako brojnost jedinki jedne populacije dovedemo u vezu sa njenom zastupljenosću u odnosu na jedinicu prostora (površina ili zapremina), dobićemo *gustinu populacije* (koncentracija jedinki neke populacije na datom prostoru). Možemo je iskazati brojem jedinki, kao i njihovom biomasom ili težinom po jedinici naseljene površine ili zapremine životnog prostora. U nekom prostoru, brojnost jedinki je promjenljiva. Ona zavisi od njenih potreba i raspoloživih resursa prostora.

Postoji razlika između *opšte* (predstavlja broj jedinki ili biomasu populacije u odnosu na jedinicu ukupnog prostora) i *ekološke gustine populacije* (računa se po jedinici staništa prostora, koji je u stvarnosti moguće kolonizovati od strane populacije).

Pošto se na nekom prostoru često nalaze jedinke neujednačene veličine, tada je ispravnije koristiti podatke o biomasu. Na taj način dobijamo vjerniju sliku gustine populacije u određenom prostoru. Tokom vremena, gustina populacije je promjenljiva i u direktnoj je vezi sa kapacitetom životnog staništa, uslovima ishrane, opštom produkcijom ekosistema i odnosima kompeticije. Daleko manju gustinu populacije imaju vrste sa krupnim jedinkama od vrsta predstavljenim sitnjim jedinkama.

U šumarstvu i u poljoprivrednoj proizvodnji dolazi do izražaja praktični značaj poznavanja gustine vrsta određenih populacija. Tipičan primjer su hrastove šume koje često stradaju u godinama visokog porasta populacije gubara, koji je u stanju da u njima izazove golobrst. Ako se gustina gubara svede na manju mjeru, do ovakvih šteta neće doći. Tako je i porast šarana u ribnjacima, na primjer, veći kada je njihova gustina manja, za razliku od ribnjaka sa gušćom populacijom.

Za dobijanje kvantitativne vrijednosti gustine populacija, koristimo se apsolutnim i relativnim metodama. Ukupan broj jedinki jedne populacije na jedinici naseljenog prostora utvrđujemo *apsolutnim metodama*, a pri tome se koristimo postupcima totalnog prebrojavanja (census), probnih površina (metoda kvadrata) i markiranja. Kada, kod primjene apsolutnih metoda, nailazimo na tehničke teškoće i kada nam njihova primjena oduzima dosta vremena i zahtijeva puno radnog angažovanja, tada koristimo *relativne metode*.

Pri utvrđivanju brojnosti, često koristimo i *indeks gustine*, koji predstavlja kvantitativnu indikaciju brojnosti jedne životinjske vrste. Do saznanja o populacionoj dinamici i disperziji populacija dolazimo koristeći se serijom uzastopno utvrđenih indeksa. Tako dobijene informacije, na primjer, o rasprostranjenosti i brojnosti dominirajućih vrsta glodara, kao i fenologiji njihovog razmnožavanja i o stanju populacije u različitim poljoprivrednim rejonima mogu biti od koristi kod zaštite usjeva.

Numeričke vrijednosti veličine populacije organskih vrsta, koje smo dobili primjenom apsolutnih i relativnih metoda, obrađujemo *statističkim metodama*. Bez primjene ovih metoda, ne može se dobiti pravilna ocjena obima, karaktera i pravaca promjena kod populacija.

1.3. *Prostorni raspored*

Životinjske vrste (izuzev sesilnih) kreću se s jednog mesta na drugo, što predstavlja njihov odgovor na dejstvo promjenljivih abiotičkih i biotičkih faktora sredine. Veličinu (nivo) pokretljivosti pojedinih životinjskih vrsta označavamo pojmom *vagilnost*. Pokretljivost životinjskim vrstama omogućuje njihovo širenje u prostoru, kao i širenje svoga areala, radi pogodnijih staništa i napuštanja mesta gdje su životni uslovi postali nepovoljni. Krajnji rezultat širenja životinjskih vrsta predstavlja njihov *prostorni raspored* u staništu. On je podložan promjenama tokom određenih vremenskih intervala i predstavlja osobinu date populacije.

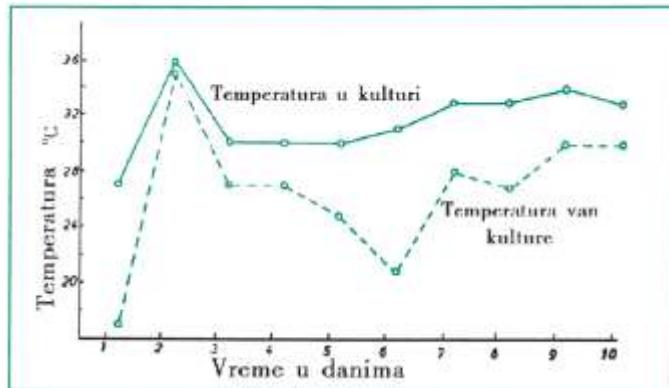
Razlikujemo, u osnovi, tri tipa prostornog rasporeda jedinki u staništima svojih populacija:

- neravnomjeran raspored po principu slučajnosti,
- ravnomjeran ili uniforman raspored i
- neravnomjeran grupni raspored.

Neravnomjeran raspored po principu slučajnosti i ravnomjeran ili uniforman raspored, su mogući u homogenim sredinama, te ih rijetko nalazimo u prirodi. Homogeni uslovi su karakteristični za skladišta brašna, gdje nalazimo larve insekata u ravnomjernom rasporedu.

U prirodi je najviše zastupljen neravnomjeran grupni raspored jedinki određene vrste. One se javljaju u većim ili manjim grupama koje imaju različiti stepen grupisanosti. Neravnomjeran raspored uslovjavaju brojni povoljni faktori i stimulansi karakteristični za različita mikrostaništa. Ovdje izdvajamo povoljne uslove ishrane, zaklona, seksualnog privlačenja polova i razmnožavanja. Kao primjer navodimo populacije malog i suvozemnog puža (*Cepea vindobonensis*), koje su razbijene na veći broj grupa različite veličine, dok tekunica (*Citellus citellus*) u Vojvodini živi na suvim i neobrađenim površinama, putevima i nasipima, koji su obrasli korovskom vegetacijom.

Neravnomjerni grupni raspored po principu slučajnosti može se javiti u prirodi. U različitim nepovoljnim okolnostima (npr. obezbeđenje povoljne mikroklimе, da bi se smanjio mortalitet), jedinke mogu međusobno da saraduju. Tako grupe larvi insekta brašnara (*Tenebrio molitor*) u svom gnijezdu održavaju višu temperaturu od spoljašnje, koja negativno utiče na njihovo razviće (Sl.55).



Sl.55. Tok temperature u gnijezdu larvi *Tenebrio molitor* i van gnijezda. Po Michalu, 1931 (66, 145).

Pojedinačno ili u manjoj grupi, kod većeg broja životinjskih vrsta u okviru svoga staništa dolazi do biranja mesta stanovanja, gdje zadovoljavaju potrebe za hranom, zaklonom i razmnožavanjem, te ovaj dio njihovog staništa nazivamo *areal aktivnosti*. On je najveći kod krupnih zvijeri (tigar, vuk i dr.) i može da se kreće od više desetina, do više stotina kvadratnih kilometara. Jedinke aktivno brane areal aktivnosti u cjelini, ili njegov dio, jer ga smatraju svojom teritorijom. Ovdje se radi o pojavi *teritorijalnosti*, odnosno aktivnog branjenja dijela staništa, a time i svojevrsnog prostornog izolovanja (najčešće u vrijeme razmnožavanja). Na taj način, sprečava se povećanje populacije iznad kapaciteta određenog prostora.

Tražeći bolje uslove za opstanak, jedinke često migriraju izvan svoga staništa. U tom smislu, postoje tri oblika ovakvih kretanja:

- migracije (povratna kretanja),
- emigracije (iseljavanje) i
- imigracije (useljavanje).

Ograničeno periodično kretanje jedinki ili grupa u dva smjera obuhvaćeno je pojmom *migracija*. One se mogu odvijati u okvirima biotopa i izvan njega. Pri tome, migracije se odvijaju kroz periodični odlazak i povratak u okviru biotopa u toku dana ili sezone. Van biotopa, migratorna kretanja se vrše u određenim periodima, s tim što se individue nakon određenog vremena vraćaju nazad. Ona su karakteristična za izrazito vagilne vrste, u koje ubrajamo ribe, kao i ptice.

Emigracije ili iseljavanje predstavljaju periodično nepovratno kretanje jedinki ili njihovih grupa van granica postojećeg biotopa. Najvažniji uzroci emigracija su, uglavnom, povećanje populacione gustine i potražnje za hranom. Kao primjer navodimo napuštanje dijelova šume pod golobrstom koji izazivaju gusjenice

gubara. I glodari leminzi (vrste rođova *Dicrostonyx* i *Lemmus*), kao i putnički skakavci (vrste *Schistocerca gregaria*, *Calliptamus italicus* i *Dociostaurus maroccanus*), kada populacija postane prenaseljena, odnosno pri visokom stepenu gustine, prisiljene su da se sele.

Useljavanja jedinki određene populacije u lokalitet druge označavamo kao *imigracije*. Njima su obuhvaćeni, uglavnom pojedinačni primjeri. Migracijama može da dođe do povećanja populacije tamo gdje je ona znatno umanjena ili je u potpunosti nestala.

1.4. Natalitet, fekunditet i fertilitet

Kod organskih vrsta, brojnost populacije podložna je stalnim promjenama. Na brojnost populacije, od svih faktora koji utiču nju, od najvećeg su značaja natalitet i mortalitet. Promjenom određene vrijednosti nataliteta i mortaliteta, može da dođe do brojnog opadanja ili rasta populacija organskih vrsta.

Natalitet predstavlja proizvod - rođenih, ispiljenih, iskljijalih, nastalim diobom i slično - novih individua populacije. Razmnožavanjem se stvara novo potomstvo, koje predstavlja zamjenu za uginule jedinke. Natalitet predstavlja urođeno svojstvo populacije koje omogućava njeno uvećavanje. Kroz istoriju vrsta, određeni kapacitet razmnožavanja, u konkurenциji sa nepovoljnim faktorima sredine, omogućio je prihvatljivi stepen preživljavanja individua uzastopnih generacija.

Od uslova koje pruža data sredina, najviše zavisi kapacitet razmnožavanja. *Reprodukcionim potencijalom* određena je maksimalna plodnost jedne vrste. On se računa u odnosu na optimalne uslove sredine, gdje je i najveći. Jedino je u optimalnim uslovima maksimalno moguć potencijal razmnožavanja. Plodnost neke vrste određena je *fekunditetom* (fiziološki mogući broj jaja koji ženka može proizvesti) i *fertilitetom* (stvarni broj položenih jaja ili rođenih mladunaca).

Vuksanović i Martinović su 1959. godine utvrdili, izučavajući uticaj vrste hrane na plodnost i nosivost ženki pasuljevog žiška (*Acanthoscelides obtectus*), da su individue (jedinke) koje su gajene na zrnima pasulja prosječno snijele 84, zrnima graška 44, a na soji snijele 29 jaja, a one koje nisu hranjene, snijele su 7 jaja (12.67). Možemo zaključiti, iz navedenih rezultata, da pasulj, kao najčešća biljka kojom se hrane larve pasuljevog žiška, predstavlja i najbolji stimulans za rad jajnika.

Kada, u okviru određenog vremenskog perioda, predstavimo produkciju novih jedinki, dobijemo *stopu nataliteta* ili *stopu rada*. Ona predstavlja broj individua rođenih u nekoj populaciji tokom određenog vremenskog raspona, kao što je godina, mjesec, dan ili čas. Stopu nataliteta (S_n) dobijamo kada broj jedinki rođenih u populaciji (N), podijelimo sa određenim vremenskim periodom (t). Možemo je izraziti sljedećom formulom:

$$S_n = N / t$$

U različitim izvorima se često susrećemo i sa pojmom *fiziološkog* (maksimalnog, apsolutnog) nataliteta, a koji ima isto značenje kao i pojam potencijal razmnožavanja. *Ekološkim natalitetom* (parcijalni, ostvareni) označavamo produkciju jedinki u datim ekološkim uslovima.

Vrste biljaka na kojima su položena jaja	Broj po 1m ²		Oscilacije broja jaja po jednom leglu	Prosječan broj jaja po jednom leglu
	Broj legala	Jaja		
Lucerka	93	176	1 – 11	1,9
<i>Solanum nigrum</i>	20	32	1 – 12	1,6
<i>Panicum crus-galli</i>	9	12	1 – 2	1,3
<i>Rumex sp.</i>	5	6	1 - 2	1,2
<i>Amaranthus retroflexus</i>	3	5	1 – 3	1,7
<i>Taraxacum officinale</i>	3	5	1 - 3	1,7
Svega	133	236	1 - 12	1,8

Tabela 19. Polaganje jaja metlice (*Loxostege sticticalis*) na lucerku i korove u lucerištima u ljeto 1975. godine na prostoru Vojvodine. Po Jovanović i Stamenković, 1976 (14,67).

1.5. Mortalitet

Smrtnost populacije i negativni faktor njenog rastenja označavamo *mortalitetom*. Mortalitet predstavlja pojavu suprotnu natalitetu. Njime se označava broj uginulih jedinki u nekoj populaciji tokom određenog vremena (*stopa mortaliteta*). Možemo razlikovati *opštu* (ukupan broj uginulih jedinki) i *specifičnu* (prema starosti i polu) *stopu mortaliteta*.

Fiziološkom mortalitetom označavamo umiranje jedinki od starosti (prisutan samo kod optimalnih životnih uslova), dok *ekološkim mortalitetom* označavamo smrtnost nastalu kao rezultat promjenljivih ekoloških uslova.

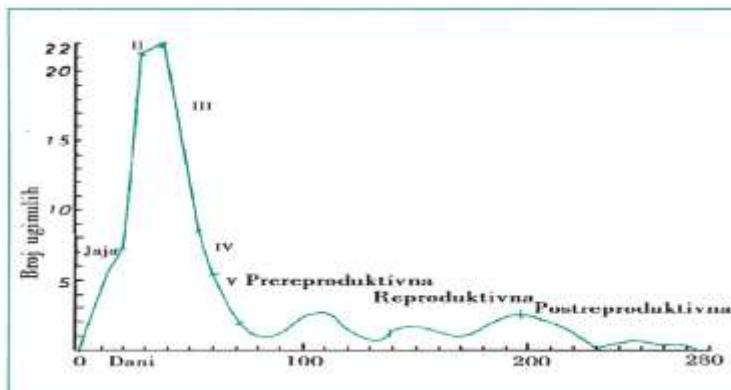
Stopa preživljavanja jedinki unutar populacije mijenja se sa njihovom starošću. Poznavanje intenziteta smrtnosti pojedinih uzrasnih kategorija veoma je važno kod izučavanja dinamike populacije. Intenzitet smrtnosti dobijamo primjenom statističkog računanja, koji je poznat pod nazivom *tablica smrtnosti*. One sadrže podatke o uzrasnim klasama, broju uginulih i preživjelih jedinki, stopi mortaliteta i vjerovatnom prosječnom trajanju života jedinki preživjelih na početku vremenskog intervala svake uzrasne klase.

Na ovom mjestu navodimo primjer smrtnosti populacije pustinjskog skakavca *Schistocerca gregaria* (gajena u kavezima na terenu), koja je raspoređena prema stupnjevima razvića (Sl.56):

- stupanj jajeta 130%,
- supnjevi nimfe 675% i
- stupanj imaga 195%.

Smrtnost na stupnju imaga (195%) imala je sljedeći raspored:

- prereprodukтивni stupanj 73%,
- reproduktivni stupanj 87% i
- postreprodukтивni stupanj 35%.



Sl.56. Broj uginulih skakavca *Schistocerca gregaria* u stadijumima jajeta, nimfe i imaga.
Po Bodenheimeru, 1930 (14, 68).

Kod životinja, ishrana odgovarajućim vrstama biljaka utiče na dužinu razvića. Natalitet i realna smrtnost su dva faktora koja direktno utiču na gustinu populacije u određenom vremenu.

1.6. Uzrasna struktura, rast, potencijal i održavanje populacije

Brojčani odnos uzrasnih stupnjeva (stadijuma, klasa) koji ulaze u sastav populacija čini njihovu **uzrasnu strukturu**. Najuže je povezana sa stanjem nataliteta i mortaliteta i predstavlja i najbolji pokazatelj (indikator) razvoja date populacije (Sl.57). Kada brojno dominiraju mlađe jedinke unutar jedne populacije, to je znak brzog rasta populacije. Ukoliko je prisutna ravnomjerna zastupljenost uzrasnih klasa, populacija se nalazi u stacionarnom stanju, a dominantnost starijih klasa pokazatelj je populacije u opadanju.

Kod uzrasne strukture populacija, možemo razlikovati tri osnovne kategorije ekoloških uzrasnih klasa: *prereprodukтивna* (ulaze jedinke sa fazom razvoja od oplođenog jajeta do polno zrelog stupnja), *reprodukтивна* (pripadaju sve polno zrele jedinke za sve vrijeme njihove sposobnosti razmnožavanja) i *postreprodukтивна* (najstarija faza koja traje sve do smrti) klasa. Dužina svake nabrojane uzrasne kategorije nije ista kod svih vrsta.

Uzrasne piramide predstavljaju pogodan način za prikazivanje osnovnih tipova uzrasne strukture životinjskih populacija. One nam daju sliku o broju individua ili procentualnu zastupljenost jedinki u okviru različitih uzrasnih klasa.



Sl.57. Šematski prikaz osnovnih tipova uzrasne strukture populacija (uzrasnih piramida). Gornji dio: piramide prikazuju veliki, umjereni i mali procenat mladih jedinki. Donji dio: piramide laboratorijske populacije livačke voluharice *Microtus agrestis* u fazi rasta (lijevo) i u fazi u kojoj su stopa rada i stopa smrtnosti jednake. Po Odum, 1959 (14, 69).

Rast populacije predstavljamo kroz promjene gustine i brojnih odnosa. **Potencijal razmnožavanja**, koji se ostvaruje kroz stopu nataliteta, predstavlja osnovni faktor od koga zavisi rast populacije. Osim njega, važnu ulogu imaju stope mortaliteta i preživljavanja. Na stopu nataliteta utiče brojni odnos polova i plodnost ženki koja, opet, zavisi od gustine populacije, zatim broja generacija i starosti. Na veličinu populacije, osim toga, značajno utiču i migratorni procesi.

Potencijalnu moć rasta populacije izražavamo *biotičkim potencijalom*, koji u sebe uključuje potencijal razmnožavanja i stope preživljavanja. Stvarni rast populacije određen je uzajamnim dejstvom biotičkog potencijala i sredine. *Otpor sredine*, odnosno kombinovano dejstvo abiotičkih i biotičkih faktora, suprostavljen je biotičkom potencijalu.

Tokom rasta populacije, možemo razlikovati više uzastopnih faza koje se međusobno razlikuju po specifičnim karakteristikama, i to: *faza pozitivnog rasta*, *faza stacionarnog rasta*, *faza oscilacija i fluktuacija*, *faza negativnog rasta* i *faza iščezavanja*.

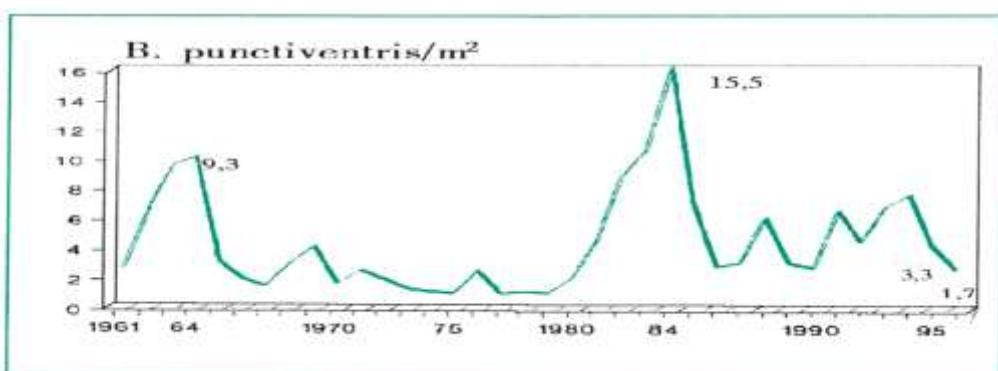
U odnosima grabljivice i plijena, uočavamo *oscilacije rasta populacije* (*oscillare*, lat. titrati), kao što je slučaj kod odnosa zeca (plijen) i risa (grabljivica). Brojnost grabljivice zaostaje za povećanjem brojnosti plijena. Kada se smanji gustina populacije plijena, smanjuje se i populacija grabljivice.

Neperiodična kolebanja brojnosti organskih vrsta nazivamo *fluktuacijama* (*fluctuare*, lat. kolebatи). Kao rezultat djelovanja intraspecifičkih odnosa, može doći do prenamnoženosti (*populaciona eksplozija*), a nakon toga dolazi do smirivanja i pada gustine populacije.

1.7. Faktori kretanja životinjskih populacija

U skladu sa svojim nasljednim karakteristikama i specifičnoj reakcionaloj normi, životinske vrste reaguju na uticaj abiotičkih i biotičkih faktora. Tokom vremena, uticaj pojedinih faktora, koji zajedno sa drugim djeluju kao jedan kompleks, je promjenljiv (Sl.58).

Veoma značajna pozicija u okviru **abiotičkih faktora**, kada je u pitanju kretanje životinjskih populacija, pripada kompleksu *klimatskih faktora* koji djeluju, prije svega preko *toplote*, *vlažnosti* i *vodenog taloga*. Ovi faktori, koji su istovremeno i klimatski elementi, djeluju neposredno na plodnost, trajanje razvija, broj generacija i mortalitet. Povoljni klimatski uslovi, uz velik broj položenih jaja, su 1956. godine doveli do visokog kalamiteta (šteta) crne repine vaši (*Aphis fabae*).



Sl.58. Dinamika brojnosti prezimljujuće populacije repine pipe u Vojvodini u vremenskom rasponu od 1961. do 1996. godine. Prema Sekulić i saradnici, 1997 (14, 78).

Za kalamitet repinog moljca abiotički faktori su od presudnog značaja. Razvoj ove štetočine slabiji je u uslovima obilnijih padavina, slabije *insolacije* (trajanje Sunčevog sjaja), niskih zimskih temperatura i kod primjene agrotehničkih mjera (naročito navodnjavanja). Negativno dejstvo na polaganje jaja repinog moljca imaju kiše, pogotovo u periodu od aprila do septembra. Kiše, izlučene u obliku pljuska, mogu da unište veliki broj tek ispitnih gusjenica. Preko vremenskih nepogoda (jakog vjetra, kiša, poplava, grada, snijega), uticaj klimatskih faktora može biti mehaničkog karaktera. Oni mogu i posredno da djeluju svojim uticajem na izvore hrane i uticajem na vrijeme pojave i kretanje populacije neprijatelja.

Djelovanje **biotičkih faktora** manifestuje se kroz odnose među populacijama u vidu intraspecifičkih i interspecifičkih odnosa.

Sa porastom gustine populacije, kada se smanjuje kapacitet sredine u smislu zadovoljavanja potrebe svake jedinke za prostorom, hranom, razmnožavanjem i preživljavanjem, intenziviraju se *intraspecifički odnosi*. Na taj način, sve više dolaze do izražaja raznovrsni konkurentski odnosi među individuama, koje možemo označiti kao *kompeticija*.

Kada hrana nije zastupljena u dovoljnim količinama, pogotovo sa porastom populacije, javlja se kompeticija za *hranu*. Gusjenice leptira gubara, kada obrste

šumu, uzrokuju nedostatak hrane, što dovodi do velike smrtnosti, smanjenja gustine populacije, a preživjele jedinke su prisiljene na migriranje u potrazi za hranom.

U prirodi je promjenljiva količina hrane, jer je zavisna od brojnih faktora. Klimatski faktori, više od ostalih, utiču na količinu biljne hrane. Kod povremene pojave suše, dolazi do manjka svježe hrane, što dovodi do kompeticije između jedinki jedne populacije. U lokalnim okvirima, može da se javi oskudica hrane izazvana porastom gustine populacije kod brojnih vrsta biljojeda.

I *nedostatak prostora* utiče na dinamiku populacija određenih vrsta. Za primjer navodimo ženku pirinčanog žiška (*Calandra oryzae*), koja, da bi položila sva jaja, treba da ima na raspolaganju 11 puta više zdravih zrna od broja zaraženih, jer ona polaže samo jedno jaje na raspoloživo zdravo zrno. Do poremećaja u ishrani, polaganju broja jaja i smanjenja gustine populacija, u sljedećim naraštajima dolazi sa smanjenjem prostora.

Unutar populacija, *kanibalizam* je zastavljen kada dođe do ubrzanih povećanja gustine određene populacije. Tako larve imaga brašnara (*Tribolium confusum*) proždiru svoja jaja i lutke kada broj jedinki na 1 g hrane postane brojniji od 44.

Preveliko povećanje gustine populacije životinjskih vrsta može da dovede i do *izmjene sredine*. Ona se često odnosi i na kvalitet raspoložive hrane, kao što se to dešava i brašnastoj sredini insekta brašnara *Tribolium confusum*. Ovaj insekt, sa povećanjem gustine populacije, u brašnu luči sve veće količine produkata metabolizma i izlučevine određenih tjelesnih žljezda, čime se mijenja i kvalitet hranljive sredine, dolazi do smanjenja plodnosti ženki, povećava se trajanje razvića larvi i njihov mortalitet.

Uzajamna dejstva koja se uspostavljaju između dvije različite vrste organizama nazivaju se *interspecifičkim odnosima*. Ispoljavaju se kao odnosi između grabljivice i plijena, ali i kao odnosi uzajamne kompeticije za prostor, uslove razmnožavanja, i dr. Promjena uslova izazvana djelovanjem jedne vrste može pozitivno (mutualizam, kooperacija) ili negativno da utiče na drugu vrstu.

Odnosi koji se ispoljavaju na relaciji grabljivica – plijen veoma su interesantni. Koristeći plijen kao hranu, grabljivice utiču na povećanje smrtnosti njegove populacije. Tako ptice koje se hrane sitnjim glodarima povećavaju njihovu smrtnost, koja za sobom povlači i smanjenje gustine njihovih populacija. Sa smanjenjem gustine populacije glodara, dolazi i do smanjenja i postepenog iščezavanja grabljivica. Brojčani odnosi između grabljivice i plijena su podložni i uticajima složenih lanaca ishrane, ali i neracionalnim dejstvima ljudskog faktora.

2. ŽIVOTNA ZAJEDNICA

U prirodi su populacije, kao i njihove jedinke, upućene jedne na druge. Vodeći zajednički život, organske vrste su sastavni dio jednog višeg stupnja ekološke integracije, životne zajednice ili biocenoze. Njih čine sve biotičke komponente ekosistema kao najpotpunije ekološke cjeline. Između brojnih tipova biocenoze ne postoje čvrste granice, već jedan prelazni prostor, odnosno granične zone koje nazivamo *ekotonima*.

U okviru svake biocenoze, mogu se izdvojiti sljedeće osnovne ili najbitnije osobine (karakteristike, oznake):

- u sastav biocenoze ulaze sve grupe populacija biljaka, životinja, gljiva, bakterija i lišajeva koje su u određenom vremenu zastupljene u jednom biotopu,
- biocenoza je integriran funkcionalni sistem, u kom se prepliću uticaji pripadnika biocenoze i biotopa u kojem su vrste našle utočište,
- sve životne zajednice imaju svoju strukturu (kvalitativni sastav - prisustvo i karaktersitična kombinacija zastupljenih vrsta, prostorni i vremenski raspored vrsta koje su dio jedne životne zajednice) i funkcionalnu organizaciju,
- biocenoza je dinamički sistem, što je u direktnoj vezi sa raznovrsnim lancima ishrane,
- održavanje i razvoj biocenoze je omogućeno zahvaljujući sposobnostima regulisanja unutrašnjih procesa i promjena,
- gore predstavljene karakteristike pripadaju cijeloj zajednici u jednom staništu kakvo je šuma (četinarska ili liščarska), planinski pašnjak, dolinska livada, rijeka, potok i sl.

Iz metodoloških razloga izdvajamo biljne – *fitocenoze* i životinske – *zoocenoze* zajednice.

Uzajamni odnosi članova biocenoze se najviše manifestuju kroz odnose ishrane. Kroz formiranje lanaca ishrane, koji omogućuju kruženje materije i protok energije, uspostavljeni su veoma složeni odnosi između biljaka, koje čine osnovu ishrane svake biocenoze, biljojeda i mesojeda, kao tri osnovne karike u zajednici.

2.1. Struktura životne zajednice

Brojem i zastupljenošću organskih vrsta određujemo **kvalitativni sastav** biocenoze koji je različit u vremenu i prostoru. Raznovrsni životni uslovi, prije svega, utiču na kvalitativni sastav biocenoze. Diverzitet određenih prostora koji imaju jednolične životne uslove je mali, kao što je to slučaj sa pustinjskom životnom zajednicom, kao i u arktičkim prostorima. U umjerenim geografskim širinama, raznovrsnost životnih uslova je veća, a najveća je u tropskim predjelima, pa je u njima veći broj i zastupljenost različitih organskih vrsta.

U cjelini, u najbitnije faktore koji utiču na raznovrsnost biocenoze, ubrajamo: klimatske, kompetitivne, topografske i istorijske.

Osim kombinacijom pojedinih vrsta, **struktura biocenoze** je određena i njihovom **biomasom**, energetskom vrijednošću, prostornim i vremenskim rasporedom jedinki vrsta koje ulaze u sastav biocenoze, čestinom javljanja jedinki u pojedinim dijelovima staništa, stupanjem stalnosti javljanja u većem broju pojedinačnih sastojina biocenoze istog tipa, kao i stupanjem vezanosti jedne vrste za određeni tip zajednice.

Brojnosti i stalnosti, ili konstantnosti, kao dvjema veoma važnim strukturnim odlikama biocenoze, posvetićemo više prostora.

U okviru određene životne zajednice, *brojnost* ili *abundantnost* pojedinih vrsta i njihovih jedinki je različita. Pojmom *dominantnosti* u okviru biocenoze obuhvaćene su vrste koje svojim brojnošću, biomasom i ulogom imaju veći značaj. Tako je, na primjer, trava tvrdača (*Nardus stricta*) dominantna na planinskim pašnjacima. Dominantne biljke u šumi su u stanju da mijenjaju početne životne uslove staništa (klimatske i edafiske), formiraju ekoklimu i utiču na sastav i karakter cijele zajednice, pa su označene i kao *edifikatori* ("graditelji").

U fitoekologiji se razlikuju sljedeći vidovi stalnosti:

- *prisutnost* - označava stupanj stalnosti neke vrste u procentima,
- *učestalost* ili frekvencija je stepen javljanja pojedinih vrsta u pojedinim probnim površinama,
- *vezanost* pokazuje koliko su biljne ili životinjske vrste karakteristične za određenu životnu zajednicu.

U okviru staništa, prostorni raspored populacija neke vrste definisan je pojmом **disperzije**. *Heterogeni* tip disperzije se najčešće sreće u prirodi, dok se *homogeni* rijetko ostvaruje.

U osnovne karakteristike strukture životne zajednice spada i **stratifikacija** ili **spratovnost - slojevitost**. Slojeviti raspored u okviru kopnenih biocenoza nastao je kao rezultat djelovanja osnovnih klimatskih i mikroklimatskih faktora. U okviru bilo koje biocenoze izdvajamo dva osnovna vertikalna sloja, *donji (neosvijetljen)* i *gornji (osvijetljen)*. Kod vodenih zajednica, neosvijetljeni sloj je smješten u većim dubinama, a kod suvozemnih - ispod površine zemlje. Osvijetljeni sloj se pruža kod suvozemnih zajednica iznad površine tla, dok se u jezerima ovaj sloj pruža do 50 m, a u moru prosječno do 200 m dubine. Osvijetljeni gornji sloj je veoma važan za život na Zemlji, jer se samo u njemu vrši fotosinteza organske materije.

2.2. *Odnosi ishrane*

U prirodi dolazi do neprestane razmjene materije i energije na relaciji organske vrste – biotop. Do izražaja povezanost članova jedne životne zajednice najviše dolazi u odnosima ishrane. U okviru ekosistema, organizmi ishranom zadovoljavaju svoje potrebe za obnavljanjem materije i energije koji se troše u životnim procesima.

Osnovi izvor hrane u svakoj životnoj zajednici predstavljaju zelene biljke. Iz zemljišta zelene biljke koriste minerale i vodu, a energiju koju dobijaju od Sunca, pretvaraju u hemijsku energiju. One posjeduju sposobnost samostalne proizvodnje organske materije, pa ih nazivamo *autotrofnim organizmima*. *Heterotrofi* se hrane organskom materijom biljnog i životinjskog porijekla. Samo autotrofni organizmi su sposobni da stvaraju organsku materiju, pa ih označavamo kao *proizvođače* (*producente*), a heterotrofe kao *konzumente* (potrošače).

Životinjski organizmi se, prema **tipu ishrane**, dijele u tri grupe:

- *fitofagi* ili biljojedi (u ishrani koriste biljke ili njihove dijelove),
- *zoofagi* ili mesojedi (životinje koje se hrane drugim životinjskim organizmima) i
- *saprofagi* (životinje koje kao hranu koriste uginule organizme ili djelimično razgradenu organsku materiju životinjskog i biljnog porijekla).

Sve životinjske organizme, prema specijalizaciji ishrane, dijelimo na:

- a) *Monoфage*, koje su se specijalizovale samo za jednu vrstu hrane,
- b) *Stenoфage*, sa ograničenim obimom ishrane i
- c) *Polifage*, širok izbor ishrane koji obuhvata desetine vrsta.

Članovi svake biocenoze su međusobno povezani **lancima ishrane**. Temelj svakog lanca ishrane čine proizvoђači, koji, direktno ili indirektno, hrane sve ostale članove biocenoze. Na njih se naslanjaju (vežu) *konzumenti (potrošaчи)*, a na kraju lanca stoje *reducenti (razlagaчи)*. Broj karika u lancu iznosi do pet. U jezeru, lanac započinje planktonskom algom i nastavlja se na planktonski račić, ukljevu, pastrmku i kormorana. Prethodna karika za svaku narednu predstavlja hranu koja joj omogućava opstanak u lancu.

3. EKOSISTEM

Bez resursa kojima se odlikuju biotopi, životne zajednice, koje su neodvojivo vezane za određeni životni prostor (biotop), ne bi mogle opstati. U svom životnom prostoru, pripadnici biocenoze se kreću, nalaze hranu, zaklon, zaštitu i sl. Za formiranje određene životne zajednice, biotop je primaran. Pripadnici biocenoze mijenjaju prvo bitne životne uslove, a samim tim utiču i na formiranje drugačijeg oblika životne zajednice. Biocenoza i biotop čine jednu neraskidivu funkcionalnu cjelinu višeg reda, koju smo nazvali **ekosistem**.

Ekosistem obuhvata abiotičke komponente (neorganske supstance – C, N, CO₂, H₂O, organske supstance – proteini, ugljeni hidrati, lipidi; fizički faktori (vazduh, voda, podloga, klima) i biomasu životne zajednice (producenti, makro i mikro konzumenti).

3.1. Dinamičnost ekosistema

Ekosistem ne predstavlja nekakvu statičnu cjelinu. U okviru ekosistema, dolazi do interakcija (uzajamnog uticaja) živih bića i fizičko-hemijskih uslova sredine. To je jedan dinamičan i veoma složen sistem, u kome promjena bilo koje njegove komponente utiče i na druge komponente. Stalna razmjena materije i protok energije između biotičke i abiotičke komponente utiče na nastanak, održanje i evoluciju ekosistema.

Dinamičnost ekosistema je lako uočljiva zadnjih decenija i na prostoru BiH. Tako je, prema našim proučavanjima, u brdskom dijelu opštine Teslić došlo do migracija stanovništva prema gradu i napuštanja obradivih površina na kojima su se ranije gajile različite kulture. U prve tri godine, došlo je do kolonizacije niskih, a zatim i visokih trava, a na podzolastim zemljištima pojavila se i paprat, trnjine, šipak, ljeska i zova. U prvoj deceniji, prostor je pokrila breza i bukva, a na višim terenima (500 i više metara nadmorske visine), pojavili su se i četinari. Na taj način je od kulturnog ekosistema, travnih površina i grmova, došlo do formiranja mladog šumskog ekosistema.

U dijelu koji se odnosi na analitičku ekologiju, analizirajući odnose u ekosistemu, došli smo do zaključka da između komponenata ekosistema postoje tri kategorije odnosa: akcije, reakcije i koakcije.

Kompleks uticaja nežive prirode (biotopa) na biocenuzu, odnosno na organizme i populacije vrsta koje naseljavaju životno stanište, predstavlja **akcije**. U tom pogledu, posebno mjesto pripada klimatskim faktorima, čiji se uticaj manifestuje kroz zonalni raspored ekosistema u horizontalnom (ogromni prostori tundri, tajgi, stepa i pustinja u Aziji, npr.) i vertikalnom pravcu (visoke planine).

Reakcije predstavljaju odgovor živih bića na skupno djelovanje abiotskih faktora. Živa bića se prilagođavaju postojećim uslovima i promjenama sredine i istovremeno mijenjaju uslove biotopa, kao što se to dešava u šumama. Biljna zajednica koristi mineralne materije iz zemljišta, ali ga i mijenja, snabdijevajući ga organskim materijama. Djelovanjem bakterija, organske materije se razlažu, pretvaraju u humus i mineralizuju.

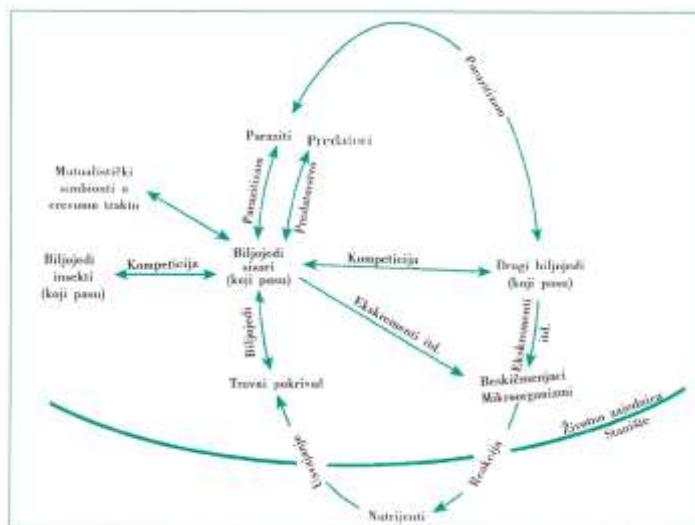
Poznato je i djelovanje biljaka na promjene fizičko-hemijskih uslova u vodenim ekosistemima. Voda rijeka kraških terena, zahvaljujući djelovanju ugljene kiseline, u sebi sadrži rastvorene znatne količine krečnjaka – kalcijum bikarbonata. Iz vode u kraškim vodotocima, biljke uzimaju ugljen-dioksid, što dovodi do izlučivanja neutralnog kalcijum karbonata u vidu bigra ili sige, kao što se to dešava kod Plitvičkih jezera. Na taj način dolazi, zahvaljujući dejству biljaka, do stvaranja bigrenih prečaga, preko kojih voda slobodno pada u vidu vodopada. Pošto su se formirali vodopadi i slapovi, voda pada niz njih, udara u dno i raspršuje se, pa uslijed gubljenja ugljen-dioksida dolazi do izlučivanja krečnjaka u vidu travertina. Biljke, učestvujući u formiranju pregiba na vodi, posredno utiču na izlučivanje krečnjaka u vidu travertina.

Uzajamne odnose populacija jedne bioceneze definišu se kao **koakcije**. One se mogu označiti kao mutualizam (simbioza), predatorstvo, parazitizam, i sl. Zahvaljujući ovim odnosima, bioceneza se održava, razvija, i tako utiče na stanje u ekosistemu (Sl.59).

Zadovoljenje potreba određenih vrsta za hranom, zaklonom i razmnožavanjem vrsta, prije svega, čini osnovu svih koakcija. Kroz zadovoljavanje osnovnih potreba određuju se i ekološka niša vrste, odnosno funkcionalni položaj u okviru zajednice.

U nastavku dajemo kraći prikaz o ulozi biljojeda u ekonomiji životne zajednice, koakcijama životinja i biljaka u vezi uslova zaklona i razmnožavanja, kao i o odnosima metabioze.

Organske materije koje formiraju zelene biljke, *biljojedi* neposredno koriste u svojoj ishrani tako što brste ili pasu dijelove biljaka. U šumskoj zajednici, krupni sisari i brojni insekti (defolijatori) brste lišće šumskog drveća koje koriste za hranu. Paša je zastupljena kod vrsta koje životni vijek provode na pašnjacima, livadama, stepama i prerijama, prije svega (kopitari, glodari i ortopteri koji pripadaju insektima).



Sl.59. Šema koakcija u ekosistemu. Po Brewer-u 1994 (14, 94).

U prirodi se dešava da glodari uniše i do 80% biomase. Tako na pašnjacima Arizone (SAD), glodar *Cynomys gunnisoni zuniensis* uništava u pojedinim godinama i do 80% biomase travnog pokrivača, a glodar *Rhombomys opimus* može da uništi i do 78% biljnog pokrivača na pašnjacima Srednje Azije. Uništavajući biljni pokrivač, glodari umanjuju prinose trave za domaću stoku i druge biljojede.

Veliki značaj imaju koakcije između životinja i biljaka u vezi *uslova zaklona* i *razmnožavanja*. Različitim uslovima zaklona prilagodili su se određeni tipovi zajednice. Povoljni uslovi zaklona i gniježđenja za neke ptice postoje u travnom prekrivaču, kao što su velika strnadica (*Emberiza calandra*) i poljska jarebica (*Perdix perdrix*). Ptice u šumskom pokrivaču, gdje su uslovi daleko raznovrsniji, se gnijezde po spratovima ili u dupljama drveća, a nakon toga manje su vezane za određene spratove šumske vegetacije.

Odnos u kome određene vrste svojom aktivnošću stvaraju prepostavke za život i razviće drugih vrsta nazivamo *metabiozom*. Kao primjer navodimo bakterije amonifikatore, koje stvaraju uslove za život bakterija nitrifikatora. Bakterije amonifikatore razlažu bjelančevinaste materije do stupnja amonijaka, a bakterije nitrifikatori amonijak oksidišu do stupnja nitrita, odnosno nitrata i tako čine korist biljkama. Tako prva vrsta pruža uslove za život drugoj, a druga biljnim vrstama.

3.2. Kruženje materije i proticanje energije u ekosistemu i ekološke sukcesije

Zahvaljujući stalnoj razmjeni materije i protoku energije između biocenoze i biotopa u ekosistemu, biotop i biocenoza su međusobno tijesno povezani. Unutar i između obje komponente ekosistema, materija kruži, a energija protiče. Ovo je jedna od osnovnih karakteristika svakog ekosistema. Mehanizam procesa razmjene materije, energije i protoka energije označavamo kao *metabolizam ekosistema*, koji obuhvata više uzastopnih faza:

- prihvatanje i konzervacija (vezivanje) Sunčeve energije procesom fotosinteze,
- proizvodnja primarne organske materije,
- potrošnja primarne organske materije i energije koja je u njoj vezana,
- razlaganje i mineralizacija organske materije od ostataka uginulih organizama i
- ponovno stvaranje primarne organske materije koju vrše proizvođači.

Naizmjenična promjena materije i energije vrši se u svakoj fazi. U ovom procesu, promjene koje se dešavaju sa materijom su *povratnog* ili *reverzibilnog* karaktera, jer su završni stupnjevi preoblikovanja materije u isto vrijeme i početni. Količina materije, tokom evolucije na Zemlji, nije se bitno mijenjala. Unutar lanaca ishrane, materija kruži, njen se oblik mijenja, ali ona u principu ostaje u okvirima ekosistema.

Energiju ekosistem prima od Sunca, koje je njen neiscrpni izvor za život na Zemlji. Sunčeva energija ne ostaje cijelo vrijeme u ekosistemu, već protiče kroz njega. Ona, nakon što se koristi u brojnim životnim procesima, napušta ekosistem u obliku toplote. Tok energije predstavlja *ireverzibilan* proces, a kroz ekosistem protiče nova energija koju zrači Sunce.

Metabolizam ekosistema se može analizirati sa materijalnog i energetskog aspekta.

Stvaranje i razlaganje organske materije je sastavni dio materijalnog aspekta ekosistema. Proces *fotosinteze* omogućuje *izgradnju organske materije*. Kiseonik u atmosferi potiče od vode, a oslobađa se u procesu fotosinteze, što prikazujemo sljedećom formulom $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{energija svjetlosnog zračenja} = \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Spajanjem ugljenika sa vodom se stvara organska materija glukoza i oslobađa se kiseonik.

Brojna složena organska jedinjenja, koja su sastavni dio tijela biljke (masti, aminokiseline, bjelančevine i druga složena jedinjenja), izgrađuju se od ugljenih hidrata i soli. Godišnje se procesom fotosinteze proizvede sto biliona tona (10^{17}) grama organske materije.

Potrošači, kroz splet lanaca ishrane, koriste primarnu organsku materiju. Procesom *varenja*, životinje hranu svode na prostiji nivo (šećer, glicerin, masne kiseline i aminokiseline) i koriste je za izgradnju žive supstance.

Ostaci jedinki koji uginu i srazmjerno velika količina životinjskih ekskremenata, koji su bogati nesvarenim ostacima hrane, obuhvaćeni su procesom razlaganja, u kome su bakterije najvažniji razlagači. Na prvom stupnju, heterotrofni mikroorganizmi i gljive razlažu organske materije do nivoa mineralizacije, a hemoautotrofne bakterije, na drugom stupnju, prethodno mineralizovani materijal oksiduju i dovode ga do nivoa koji omogućava zelenim biljkama izgradnju primarne organske materije.

U vodenim ekosistemima, razlaganje organske materije vrši se na dnu vodenih bazena i tekućih voda, ali i u slobodnoj vodi, koju takođe naseljavaju razlagači. Proces razgradnje u kopnenim ekosistemima pretežno se vrši u zemljištu koje je naseljeno obiljem mikroorganizama. Proces razgradnje do određenog nivoa sprovodi svaka vrsta heterotrofnih organizama. Metabolički odnosi se uspostavljaju između mikroorganizama i svaka vrsta stvara neophodne uslove za djelovanje sljedeće i tako sve do potpune razgradnje uginule organske materije.

Migracije atoma pojedinih hemijskih elemenata na relaciji *biotop – biocenoza* nazivamo **biogeohemijskim ciklusom**, tu se i sadrži suština kruženja materije. U sastav žive materije ulazi 35 do 40 hemijskih elemenata. Četiri najvažnija elementa: kiseonik, ugljenik, vodonik i azot, učestvuju sa 95%. Svi ostali elementi zajedno, od kojih su najvažniji: Ca, Cl, S, K, Na, Mg, J i Fe, imaju 5% učešća. Migracije atoma hemijskih elemenata su cikličnog karaktera.

U odnosu na druge elemente, kruženje *ugljenika* je najjednostavnije. Započinje ugljen-dioksidom, koga u slobodnom obliku srećemo u atmosferi, ili se nalazi rastvoren u hidrosferi. Ugljenik se troši u procesu fotosinteze od strane zelenih biljaka. U spoljašnju sredinu ugljenik se vraća kao rezultat disanja svih organizama, razlaganjem ostataka uginulih bića i znatno manjim dijelom preko metana (CH_4) koji se razlaže oksidacijom.

Kao regulator kruženja ugljenika u vodenim ekosistemima, javlja se i odnos sistema *CO_2 – bikarbonati – karbonati*:



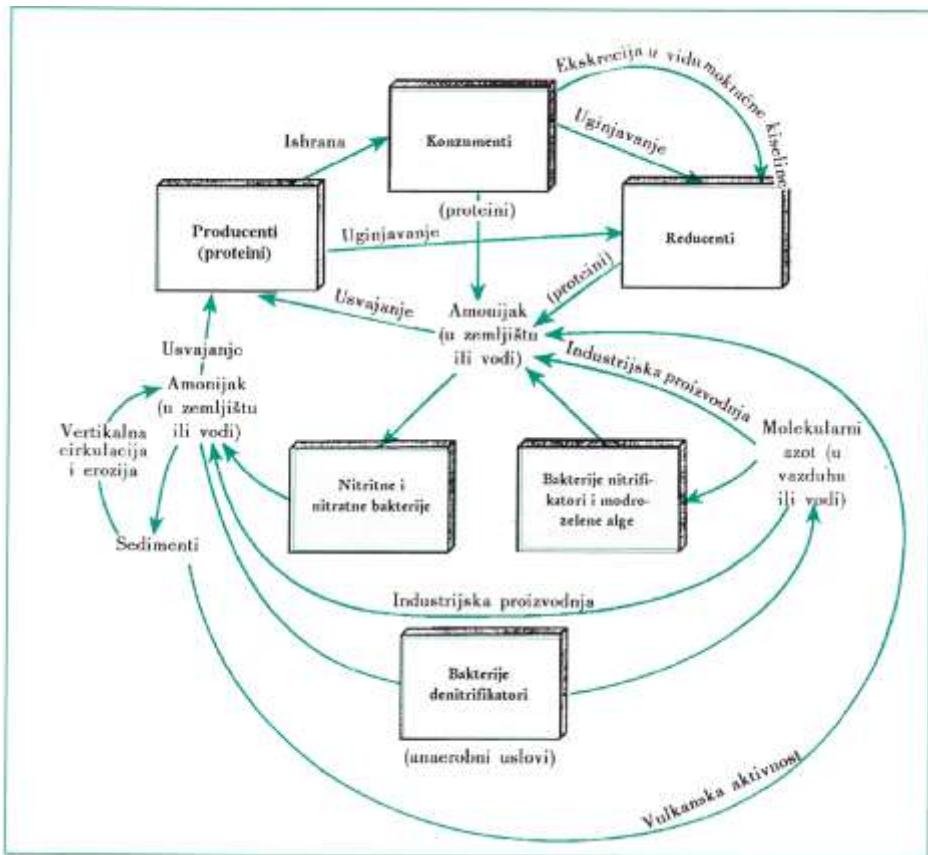
Znatno složeniji biogeohemijski ciklus ima *azot*, koji je i sastavni dio bjelančevinastih tijela. On je inertan gas, koji je najviše zastupljen u atmosferi (78% atmosfere), a samo mali dio ovog gasa kruži kroz ekosistem. *Fiksatori azota* (određeni mikroorganizmi) omogućuju mu ulazak u ciklus kruženja, tako što ga dovode do nivoa koji omogućava njegovo usvajanje od strane zelenih biljaka (Sl.60).

U kruženju materije, učešće *kiseonika* se mijenjalo kroz Zemljinu geološku istoriju. Prije 50 miliona godina, njegovo procentualno učešće u atmosferi se povećalo sa 10% na 17%, prije 40 miliona na 23%, a zadnjih 10 miliona godina se smanjilo na 21% (nastalo kao rezultat intenziviranja vulkanskih erupcija i izazivanja požara koji su smanjili površine pod drvenastim vrstama).

Kod ciklusa ugljenika, azota i kiseonika, zajedničku osobinu predstavlja činjenica da se između organskog i neorganskog stanja nalaze u atmosferi u obliku slobodnog CO_2 , O_2 , N_2 i NH_3 .

Kroz ekosistem **energija protiče**, transformiše se i na kraju ga napušta u vidu toplote. Akumulirana je u organskoj materiji koju su stvorili proizvođači. Zajedno sa hranom, prolazi kroz trofičke stupnjeve i potencijalna energija koja se koristi u različitim životnostima. Potencijalna energija teče u tri pravca:

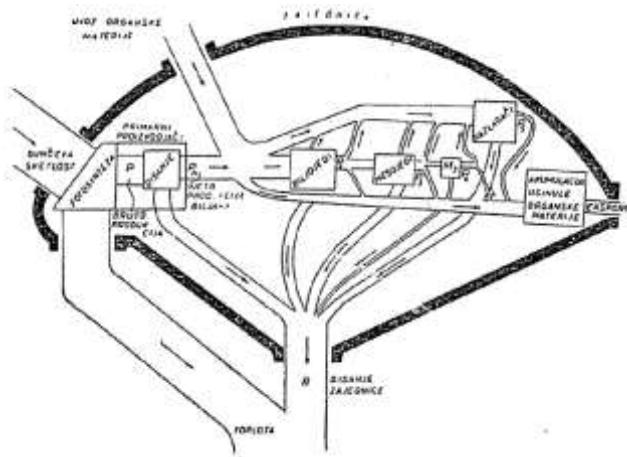
- prvi pravac se odnosi na njeno akumuliranje u tijelu organizama i vezivanje za novostvorenou protoplazmu u toku rasta jedinki,
- procesom disanja se oslobađa drugi dio energije, koji se transformiše u toplotu i tako napušta organizam i cijeli ekosistem,
- treći dio energije djelimično napušta ekosistem u vidu toplote koja je korišćena za razlaganje organske materije. Veći dio energije se, zahvaljujući saprofazima, ponovo prevodi u potencijalnu, tako što se ponovo veže za živu materiju.



Sl.60. Kruženje azota u biosferi. Po Breweru-u 1994 (14, 96).

Protok energije u zemljишtu omogućuju bakterije, gljive, terestrične oligohete, kolembole, izopode, zemljишne grinje, detritofage vrste stonoga i puževi golači (Sl.61). Na ovu pedofaunu, nadovezuju se predatori poput predatorskih grinja i

stonoga, pseudoškorpije, pauci i mravi. Nakon toga, dolaze predatori drugog reda, rovčice, ptice i drugi.



Sl.61. Tok energije u ekosistemu. Po Odumu. 1956 (66, 276).

Na nivou ekosistema, protok energije možemo kvantitativno prikazati piramidom energije, tako što ćemo za tu svrhu koristiti kvadrate. Količinu energije koja protekne kroz ekosistem na različitim stupnjevima prikazujemo veličinom kvadrata. Vanjski kvadrat je najveći, jer predstavlja godišnju biljnu bruto produkciju, a ostali se smanjuju, jer je na sljedećim stupnjevima produkcija sve manja.

Trofičkom piramide predstavljamo trofičku strukturu ekosistema, ali nam ona istovremeno izražava i energetske stupnjeve koji su vezani za splet lanaca ishrane. Često smo u prilici da utvrdimo u jednom momentu biomasu jedne organske vrste ili populacija svih vrsta koje pripadaju nekom trofičkom stupnju. U tom slučaju govorimo o *aktuuelnoj količini* proizvedene organske materije jedne populacije, odnosno određenog trofičkog stupnja. Međutim, važnije je utvrditi količinu organske materije stvorene proizvodnim procesom u određenom vremenskom rasponu. Na taj način dobijamo stopu organske produkcije, koja i čini suštinu **organskog produktiviteta**. Količina organske materije koja se stvori u jedinici vremena naziva se *organski produktivitet*. Uvijek moramo imati na umu da se organska materija stvara i troši i da se proizvodnja i potrošnja dešavaju istovremeno u ekosistemu. Prema tome, ne možemo govoriti o finalnom proizvodu kao kod industrijske proizvodnje.

Biomasa u rijetkom slučajevima (prinos biljnih kultura) može poslužiti kao indikator organskog produktiviteta. Međutim, energija koja uđe u ekosistem može se izračunati, isto kao i na svim trofičkim stupnjevima i kada ga napušta u obliku toplote.

Tokom vremena, u ekosistemima dolazi do određenih promjena uslova života koji mogu da dovedu do promjena u sastavu vrsta. U slučaju promjene životnih uslova, mijenja se i ekosistem. Prostoru na kome je došlo do promjena naseljavaju se druge vrste. Smjenjivanja ekosistema na nekom prostoru nazivaju se **ekološke**

sukcesije. Postoji dva tipa ekoloških sukcesija, *primarne* i *sekundarne* sukcesije. Primarne sukcesije nastaju u prostoru koji do tada nije bio naseljen, a sekundarne promjenom biocenoza uslijed različitih poremećaja, oštećenja, devastacije, i dr. Do sukcesija dovode promjene koje se dešavaju u samom sistemu (endodinamički faktori), kao i uticajima koji dolaze izvan ekosistema (egzodinamički faktori).

3.3. Integracija, grupisanje i klasifikacija ekosistema

Ekosistem predstavlja **integriranu cjelinu** koja je nastala evolucijom kroz dugotrajni vremenski raspon. Na djelovanju i razvoju odnosa akcije, reakcije i koakcije, počiva funkcionalna organizacija ekosistema. Sve do naših dana, razvijale su se prilagođenosti živog svijeta ovim uticajima, a razvijaće se i dalje. Na sposobnosti organizama da se adaptiraju na uslove sredine počiva integriranost ekosistema. Na veću cjelovitost ekosistema ukazuju nam intenzivnije i raznovrsnije interakcije u njemu. Kroz splet lanaca ishrane, izražava se raznovrsnost interakcija.

U biotopima u kojim se uslovi nisu mijenjali duži vremenski period, kao što su dublji dijelovi okeana i duboka jezera, rezultat adaptacija je naročito vidljiv. U ovim dijelovima, fauna je potpuno prilagođena niskoj i konstantnoj temperaturi vode, odsustvu svjetlosti, gotovo nepokretnoj vodi i muljevitoj podlozi. Fauna se odlikuje stenotermijom (sposobnost, odnosno prilagođenost življjenja na istoj temperaturi), odsustvom tjelesnog pigmenta, odsustvom očiju i razvijenošću taktičnih i hemijskih čulnih organa, nepostojanju periodičnosti u razmnožavanju, i sl.

Svojim aktivnostima, organizmi, osim što se prilagođavaju uslovima sredine, vrše promjene uslova i prilagođavaju ih svojim potrebama. Tako je promijenjena i geološka podloga, uz sadejsvo fizičkih i hemijskih sila i nastao pedološki pokrivač na kom se razvijaju različite biljke i životinjski svijet.

Potpunija integracija ekosistema se podstiče i kroz kategoriju *mutualističkih odnosa*, kao što je slučaj sa asocijacijom leguminoza i bakterija azotofiksatora koje žive na korijenu.

Za poodmakli i usporeni razvoj ekosistema, vezan je **pojam ravnoteže u ekosistemu** (označen kao *klimaks*). Biološka ravnoteža u ekosistemu je rezultat kompleksa uzajamnih odnosa. Brojnosti populacija pojedinih vrsta ravnotežnom stanju ostaje nepromjenjiva. Unutar populacija se uspostavilo jedno skladno stanje. Čovjek, uništavanjem postojećih i unosom novih organskih vrsta, remeti postignutu ravnotežu u prirodi.

Međutim, može se postaviti pitanje da li uopšte postoji biološka ravnoteža u ekosistemu. Spolja pritiče nova energija u ekosistem. U dugotrajno stanje ravnoteže on nikada ne može dospjeti, već dostiže određeno stacionarno stanje. Iako je karakteristično za period usporenog razvitka, i stacionarno stanje je podložno stalnim promjenama. U ravnotežnom stanju ekosistema, dolazi do

izbalansiranosti njegovog metabolizma. Stacionarno stanje nije trajno, jer ekosistem karakteriše stalna evolucija.

U ekosistemu, bez obzira na njegovu dinamičnost, postoje *mehanizmi regulacije* bez kojih se ne bi mogao održati. Mehanizmi regulacije se odnose i na sve procese u ekosistemu, od kojih su najvažniji produkcija i razlaganje uginule organske materije, akumulacija i regeneracija hranljivih sirovina, kretanje populacija pojedinih organskih vrsta i različiti odnosi među njima. Ovi mehanizmi utiču na gustinu populacija u širokom rasponu koji se odnosi na kapacitet sredine i mogućnosti tolerancije nepovoljnih faktora.

Na osnovu kriterijuma koji se odnose na biotop, vegetaciju i faunističku komponentu, vršimo **klasifikaciju ekosistema**. Biosfera se sastoji od ekosistema različitih po sastavu i obimu, pa se njihovo grupisanje i vrši na osnovu sličnosti i razlika među njima.

Kod grupisanja životnih zajednica, najčešće se kao kriterijum uzima vegetacija, što je i razumljivo, s obzirom da biljna komponenta daje glavnu crtu svakoj životnoj zajednici i predstavlja ogledalo uticaja klimatskih i edafskih faktora. Iz mnoštva klasifikacija koje danas postoje, izdvojićemo tri najčešće klasifikacije:

1. Prva klasifikacija se zasniva na *ekološkim uslovima* staništa, među kojima su najzančajniji klimatski i edafski,
2. Druga klasifikacija uzima u obzir prirodu biotopa, te se govori i o vodenim i kopnenim ekosistemima. Suvozemne životne zajednice se grupišu u nadzemnu i podzemnu provinciju. U okviru vodenog svijeta, izdvaja se morski i slatkvodni.
3. Treća klasifikacija kao kriterijum uzima fizionomiju i floristički sastav vegetacije. Ona obuhvata drvenastu, travnu i pustinjsku vegetaciju, kao i onu koja se ne vezuje za podlogu.

Glava 4.

GEODIVERZITET

1. DEFINICIJA I ZNAČAJ GEODIVERZITETA

Termin *geodiverzitet* izведен je iz grčke reči *gea* (Zemlja) i engleske reči *diversity* (raznovrsnost). **Geološka raznovrsnost (geodiverzitet)** je skup geoloških formacija i struktura, pojava i oblika geološke građe i geomorfoloških karakteristika različitog sastava i načina postanka i raznovrsnih paleoekosistema menjanih u prostoru, pod uticajima unutrašnjih i spoljašnjih geodinamičkih činilaca, tokom geološkog vremena. Po Mijoviću, *geodiverzitet* opisuje raznovrsnost geoloških fenomena i njihovih odgovarajućih procesa unutar određenog područja, i jedan je od faktora i kriterijuma koji određuju prirodne vrednosti nekog mesta ili pejzaža, a istovremeno komplementarnošću utiče na biodiverzitet (Slike 62 i 63).



Sl.62. Glacijalno jezero, Altaj, Sibir.

Geodiverzitet jeste geološka raznovrsnost, ali to je mnogo širi i kompleksniji pojam, koji obuhvata ne samo geološku komponentu životnog prostora, već i geografsku i antropogenu.

Sastoji se iz dve velike celine: geodiverziteta prirodnih pojava i oblika i civilizacijskih geodiverziteta (Lješević M., 2002).

Geodiverzitet prirodnih pojava i oblika (koji je predmet interesovanja stručnjaka prirodnih disciplina nauka o Zemlji) je predstavljen: geološkim diverzitetom, geomorfološkim diverzitetom, diverzitetom zemljišta, klimatskim diverzitetom, hidrološkim diverzitetom i biogeodiverzitetom.

Klimatski diverzitet podrazumeva pojavu mozaičnosti klimata na Zemlji, koja je rezultat razlika u prijemu energije različitim delova Zemljine površine, usled: oblika (Zemlje), nagiba ekliptike, odnosa vodenih i kopnenih površina i brojnih lokalnih uslova. Međutim, pojam klimatskog nasleđa, koji je proizašao iz klimatskog diverziteta, još uvek nije jasno definisan. Uzroke treba tražiti u činjenici da je jedan od glavnih sintezičnih ciljeva rada na geodiverzitetu (ne samo u funkciji zaštite prirode) izdvajanje izuzetnih delova prirode ili, preciznije, konkretnih objekata geonasleđa. Klimatski diverzitet teško može biti iskazan kroz određeni objekat geo – klimatološkog nasleđa, jer se i sama suština čovekovog poimanja prirode i njenih pojava (koje su u geonasleđu poistovеćene sa objektima) najčešće zasniva na doživljaju nečeg materijalnog, opipljivog.



Sl.63. Vodopadi Iguasu, Brazil.

2. GEONASLEĐE

Ogroman je broj geoloških spomenika u prirodi koje bi čovek trebalo da sačuva od uništenja. Na ovom mestu, oni se ne mogu nabrojati. Zajedno sa životinjskim i biljnim svetom, oni čine harmoničnu celinu neorganske i organske prirode. Oni su sastavni deo Zemljine kore i to njenog čvrstog omotača. Spoljašnjim i unutrašnjim geološkim silama koje kroz protivurečnosti deluju na nataložene slojeve Zemljine kore i vulkansko kamenje, stvorene su različite forme reljefa i strukture... S druge strane, mnogi pogrebeni čvrsti ostaci životinja koje srećemo u slojevima, svedoci su neprestalnog razvića živog sveta kroz geološku prošlost...

P. Stevanović, 1950.

Po Mijoviću, **geonasleđe** su sve geološke, geomorfološke, pedološke i posebne arheološke vrednosti nastale tokom formiranja litosfere, njenog morfološkog uobličavanja i međuzavisnosti prirode i ljudskih kultura, koje predstavljaju ukupnu geološku raznovrsnost i imaju naučni značaj za proučavanje razvoja Zemlje.

Geonasleđe je suštinski deo Svetske baštine, budući da predstavlja jedinstvenu evidenciju celokupne evolucije naše planete. Zemljina evolucija se evidentira u velikom broju delova. Kao slagalice, ovi delovi samo formiraju koherentnu sliku kada se posmatraju zajedno. Samo veoma ograničen broj tih delova je dostupan za ljudsko posmatranje. Antropogeni poremećaji Zemljine površine doveli su do ubrzanog uništavanja mnogih ključnih delova geološkog zapisa.

Geo-očuvanje predstavlja očuvanje geološkog nasleđa, prepoznavanje istog, zaštitu i upravljanje lokacijama i predelima koji su identifikovani kao važni zbog svojih geoloških i geomorfoloških karakteristika. Upoznavanjem geološke građe, geoloških struktura i oblika, upoznajemo geološku prošlost. To su sačuvani zapisi o postanku i razvoju naše planete i života na njoj. Spoznati geološku prošlost je osnova za razumevanje, objašnjenje i predviđanje prirodnih procesa i promena.

Pored nekoliko zemalja koje imaju izuzetno dugu istoriju vezanu za očuvanje geonasleđa u Svetu, kao što su SAD, Velika Britanija i Australija, postoje i mnoge druge, koje su u procesu razvijanja svesti o očuvanju geoloških dobara (Sl.64).



Sl.64. Geopark Kamena šuma u Kini.

Razvoj novih disciplina u okviru proučavanja geološke građe i detaljnije shvatanje razvoja Zemljine kore tokom 20. veka, uticali su da se pojedine pojave i profili počnu posmatrati kao deo prirodne baštine i reprezentativni predstavnici geodiverziteta. Zajednički naziv za ove objekte je *geološko nasleđe* ili *geonasleđe*. S obzirom da se objekti geonasleđa izdvajaju i valorizuju iz geodiverziteta, a nakon toga štite kao prirodna dobra različitih kategorija, među kojima je najviša kategorija *geopark*, prirodno je da se ono posmatra i kao deo opštih resursa zemlje, što podrazumeva da ima i ekonomski aspekt. Kao i svaki resurs, i geonasleđe ima na osnovu svojih karakteristika svoja ograničenja, koja se mogu sumirati kroz ograničenu količinu resursa, opštu upotrebljivost, delimičnu ugroženost, ranjivost, a najviše nepostojanje obnovljivosti resursa za većinu objekata.

Eksploracija geoloških resursa u novije vreme postaje ponovo veoma značajna privredna grana, a sa prelaskom na tržišnu ekonomiju, otvaranje majdana kamena i njihovo korišćenje veoma je unosan posao. Iako se na prvi pogled može pomisliti da su brojni kamenolomi posebno ukrasnog kamenja ugrožavanje prirodnog nasleđa Srbije i smanjenje mogućnosti za zaštitu kao objekata geonasleđa, u praksi je sasvim drugačije. Brojni objekti geonasleđa su postali otkriveni i bolje proučeni zahvaljujući otvaranju kamenoloma, ali je malo njih koji su uređeni i zaštićeni. Mogućnost primene geonasleđa i u drugim delatnostima su brojne. Tako je geološko nasleđe postalo sastavni deo zaštite životne sredine i prirode, muzeologije, prostornog planiranja, poljoprivrede, ali i turizma.

Geologija i geomorfologija, kao prirodne nauke, opisuju istoriju i oblik naše planete. *Geologija* nam pomaže da razumemo tu istoriju u smislu kako se lice Planete promenilo tokom vremena, koje pratimo pomoću stena, sedimenata, fosila i minerala koji otkrivaju prošlost klimatskih uslova, okruženja, kao i stvaranje planinskih masiva i kretanje kontinenata. Istorija samog života je takođe otkrivena, kako je sve počelo i kako je evoluiralo, kako je nastala nova vrsta, a kako je neka vrsta izumrla. *Geomorfologija* tumači krajolike koje vidimo danas, pustinje, glečere, obale, kao i druge uslove pod kojima su oni formirani, a takođe nam pruža dokaze o nedavnoj prošlosti, kao i aktuelnih procesa na Planeti. Kamenje, minerali i fosili su arhivi Zemlje. Oni su dokaz geološkog vremena, otkrivaju nam promene koje su oblikovale površinu naše planete tokom miliona godina. Ljudsko društvo je u interakciji sa geologijom i geomorfologijom na više načina - na primer, kroz direktnu eksploraciju mineralnih resursa, kroz preoblikovanje pejzaža radi poljoprivrednih ili industrijskih delatnosti, kao i kroz razvoj infrastrukturnih veza. U nekim slučajevima, ove aktivnosti otkrivaju nove geomorfološke informacije, ali, sa druge strane, naša aktivnost razara ovu informaciju, uklanjanjem glacijalnih krajolika za upotrebu kao građevinski materijal.

Kao proširenje nacionalnih i internacionalnih inicijativa za konzervaciju prirode, UNESCO je pokrenuo program *Geoparkovi*, što je postalo sinonim za zaštitu životne sredine (Sl.65).



Sl.65. Evropska mreža geoparkova.

Geopark je zaštićeno područje s crtama posebnog geološkog značaja, rariteta ili lepote. Ove crte su reprezentativne u regionalnoj geološkoj istoriji, dogadjajima i procesima. Osim za naučna istraživanja i široku edukaciju o životnoj sredini, geoparkovi mogu dati veliki potencijal za lokalni ekonomski razvoj.

Međunarodne organizacije koje se bave zaštitom geodiverziteta i geonasleđa su:

- **IUCN** – Međunarodna organizacija za zaštitu prirode i prirodnih resursa (1948-). Uključeno je 80 zemalja, 100 vladinih i 750 nevladinih organizacija, 11000 naučnika i volontera. Njena misija je jačanje svesti o potrebi očuvanja integriteta i raznovrsnosti prirode.
- **IUCN World Commission on Protected areas** - Komisija za zaštićena područja. Formiranje mreže zaštićenih područja (nacionalni parkovi, rezervati prirode, parkovi prirode)
- **UNESCO** - Organizacija za obrazovanje, nauku i kulturu.
- **UNEP** - Program za zaštitu životne sredine, UNEP World Conservation Monitoring Centre - Centar za praćenje stanja u okviru pojedinačnih nacionalnih zaštićenih područja.
- **IUGS** - Međunarodna unija geoloških nauka (1961-). Razvoj i koordinacija međunarodnih organizacija i programa u domenu geo-nauka
- **IGCP** - Međunarodni istraživački korelacioni geološki projekti.
- **Global Geosites** - Selekcija, nominacija i vrednovanje geoloških lokaliteta od univerzalnog značaja (1995-).
- **ProGEO** - međunarodna organizacija za zaštitu geološkog nasleđa (1991-). Inventar geoloških objekata - prikupljanje podataka o nacionalnim objektima geonasleđa. Kriterijumi za izdvajanje, kategorizovanje i vrednovanje, zakonska regulativa i mere zaštite.

2.1. Lokaliteti geonasleđa u svetu

2.1.1. Yellowstone (Jeloustoun), Amerika.

Yellowstone park je najstariji svetski nacionalni park, osnovan 1. marta 1872. godine. Rasprostire se na 8987 kilometara kvadratnih, a najvećim delom na severozapadu savezne države Vajoming, na tromeđi sa saveznim državama Montana i Ajdaho.

Oko 96 posto površine parka *Yellowstone* se nalazi u saveznoj državi Vajoming, 3 posto u saveznoj državi Montana, a preostalih 1 posto u saveznoj državi Ajdaho. Park je od severa prema jugu dugačak oko 102 km, a od zapada prema istoku oko 87 kilometara vazdušne linije. Površinom od 8987 kilometara kvadratnih, nadmašuje veličinu dveju saveznih država - Ostrva Roud i Delaver zajedno.

Park je poznat po svojim gejzirima, toplim izvorima, supervulkanu i ostalim geotermalnim karakteristikama. Najpoznatiji svetski gejzir *Old Faithful* nalazi se upravo u *Yellowstone* parku (Sl. 66.).

Naziv parka potiče od imena reke *Yellowstone*, koju su francuski traperi zbog žutih litica *Yellowstone Grand Kanjona* (koji nije u nikakvoj vezi sa velikim i poznatijim Grand Kanjonom u Arizoni) prozvali *La Roche Jaune*, da bi kasnije taj naziv preveli na engleski *Yellowstone* (žuti kamen).



Sl.66. Gejzir *Old Faithful*, koji izbacuje vodu svakih 65 do 92 minuta na visinu od 55m.

Reke i jezera pokrivaju oko 5 posto površine parka, a najveća vodena površina je jezero *Yellowstone*. Jezero *Yellowstone* je 122 metra duboko, a njegova obala je dugačka oko 177 kilometara (Sl.67). *Yellowstone park* se nalazi na platou koji je na oko 2400 metara prosečne nadmorske visine. Najviša kota parka je *Eagle Peak*, na 3462 metra, a najniža je *Ris Krik*, na 1610 metara nadmorske visine. Park okružuju brojne planine, a najistaknutiji vrh je *Mount Washburn*, sa svojih 3122 metra visine.



Sl.67. Jezera u parku Yellowstone.

U parku se nalazi jedna od najvećih svetskih okamenjenih šuma, koja je sastavljena od stabala koja su se, nakon što su u davnoj prošlosti bila zatrpana pepelom i zemljom, iz drveća pretvorila u mineralizovane materijale. *Yellowstone park* takođe obiluje vodenim slapovima od 4.5, pa do 94 m visine, koliko je visok najviši slap. U parku su smeštena i dva kanjona - *Luisov Kanjon*, kroz koji protiče reka *Luis*, i *Grand Kanjon*, kroz koji protiče reka *Yellowstone*.

Istorijski ljudi koji su bili povezani sa parkom započinje pre oko 11 000 godina, kada Indijanci na području parka započinju sa lovom i ribolovom. Prvi belci na području parka su bili članovi ekspedicije istraživača Luisa i Klarka, a tu su stigli 1805. godine. Nakon toga, mnoge su ekspedicije dolazile na područje parka, otkrivajući sve njegove lepote. Kornelijus Hedges, pisac i advokat iz Montane, koji je bio član ekspedicije Vošburn, predložio je da se ovo područje stavi pod zaštitu kao prvi Nacionalni park uopšte, što je i učinjeno, pa je 1872. godine *Yellowstone* proglašen Nacionalnim parkom.

Celi Jeloustoun park obiluje termalnim pojavama (Sl.68). Uz gejzire, tu su i bazeni vrelog mulja, mlazevi sumporne pare koja izlazi iz prirodnih dimnjaka, kao i vruća vrela. Sva ta aktivnost potiče od velikog mehura rastopljene stene koja se polagano pomiče ispod tanke Zemljine kore i neprestano prete erupcijom. Pre otprilike 600 000 godina, niz snažnih erupcija pogodio je ovaj kraj i podigao je oko 2590 km², pa doveo do taloženja ogromne količine pepela i raspršivanja tankog sloja vulkanske prašine preko većeg dela Severne Amerike. Kora, koja je izgubila potporu, urušila se u prazan prostor, stvorivši ogromni krater koji prekriva površinu od 3100 km². Kasnije, erupcije manjeg intenziteta pepelom i lavom su gotovo ispunile krater, prekinuvši tok reke Jeloustoun i stvorivši veliko jezero. Ipak, zahvaljujući lednicima nastalim tokom tri velika ledena doba, a još više uz pomoć tople vode i pare koja je smekšala i obojila u žuto kameni obod kratera, reka je polako izgubila današnji *Grand Kanjon* i spušta se od jezera niz mnoštvo veličanstvenih slapova.



Sl.68. Jezero Grand Prismatic Spring (svoje čarobne boje duguje cijanobakterijama).

Dokazi davnih erupcija super vulkana najvidljiviji su na grebenu *Spesmen Ridž*, na kojem se nalazi okamenjena šuma drveća. I danas se mogu prepoznati stabla platana, oraha, hrasta, drena i mangolije.

U parku se nalaze mnoge životinjske vrste (Sl.69): bizon, grizli, mrki medved, vuk, kojot, jelen, los, kratko i dugorogi muflon i puma (planinski lav). Relativno veliki broj bizona zadaje veliku brigu rančerima, koji se pribojavaju da bi bizoni mogli zaraziti domaću stoku. Polovina od ukupnog broja bizona je bila izložena bakteriji bruceloze, koju su sa svojom stokom doneli Evropljani. Bolest bruceloze može značajno prorediti stoku. Osim bizona, rančeri se pribojavaju i vukova, koji često napadaju stoku i ovce. Do 1994. godine, u parku nije bilo vukova, jer su sistematski uništavani i ubijani još od 1926. godine. Međutim, odlukom američke kancelarije za ribe i divlje životinje, vukovi su 1995. godine враćeni u Jeloustoun, pa sad u višim delovima parka ima oko 300 jedinki.



Sl.69. Neke od životinja u parku Jeloustoun.

2.1.2. Jiuzhaigou Valley (Juizhai), Kina

Više nego spektakularni krajolik, nacionalni park *Jiuzhai Dolina* je domovina devet tibetanskih sela, preko 220 vrsta ptica, kao i jednog broja ugroženih biljnih i životinjskih vrsta, uključujući džinovske pande i Sichuan zlatne majmune.

Jiuzhai Dolina je lokalno poznata kao *Jiuzhaigou* (kineski za *Dolina devet Sela*). Park je poznat po svojim plavim i zelenim jezerima (Sl.70), vodopadima, spektakularnim uskim konusnim oblicima zemlje i zbog svog jedinstvenog životinjskog sveta. Pod zaštitom UNESCOa je od 1992. godine, a park je takođe dobio i ISO 14001 akreditaciju.

Nacionalni park nalazi se na površini od 720 kvadratna kilometara i sastoji se od više povezanih dolina na visinama od 1998. kod jaruge *Shuzheng* (*Šuzeng*) do 4800 metara-jaruga *Zechava* (*Zechava*) na vrhu planine *Ganzingogai* (*Ganzigongai*).

U davnom paleozoku, pre nekih 400 miliona godina, ova Dolina nalazila se pod morskom vodom. Zbog orogeneze Himalaja iz ovog perioda, Zemljina kora je pretrpela drastičnu transformaciju. Pod jakim uticajima glečera i erozije vode, nastali su visoki vrhovi doline. Osim toga, jaki zemljotresi su takođe doprineli oblikovanju Doline, rušenjem grebena, pojavom klizišta, nagomilavanjem blata, kao i akumulacija sedimentnih stena iz grupe karbonatnih stena, što je dovelo do nastanka dubokih dolinskih jezera, kao i prolivanja vode, tačnije - nastanka brojnih vodopada. Veruje se da je sadašnji oblik zemljišta u dolini *Jiuzhai* uobičjen pre nekih 2 do 3 miliona godina.

Kako je došlo do perioda glacijacije, glečeri su se proširili do 2800 m, ostavljajući pritom nasipe i barijere koje su pomogle u oblikovanju jezera. *Long Lake* (*Čang hai*) je jezero – brana, koja je formirana u ovom periodu glacijacije. Čak i danas u *Dolini devet sela* posetioci mogu da pronađu tragove kvartara, tačnije - tragove glacijalnih ruševina iz tog perioda. Kraško oblikovanje zemljišta predstavlja uslov za nastanak visećih litica i vodopada (Sl.71). Na visokim liticama, akumulacija blata desila se pod dejstvom kraških procesa, i došlo je do taloženja sedimentnih stena, koja je zaslužna za visinu vodopada. Tipičan primer je *Nuorilang* (*Nuorilang*) *vodopad*, visok 30 metara. Prirodni ambijent Doline leži na dobro razvijenom ledničkom i kraškom zemljištu.



Sl.70. Jezero „Long Lake“ (*Čang hai*).



Sl.71. Vodopadi Juizhai Doline.

Dolazi do nastanka stepenica, koje formiraju manje ili veće vodopade. Osim toga, vodene biljke, kao što su mahovina i alge, pomažu stvaranje šarenih jezera, koje čine jednu od najvećih prirodnih lepota ove Doline. Karakteristične boje jezera u parku su plava, zelena i tirkizna. Različite boje su rezultat rasejanja, refleksije, kao i apsorpcije sunčeve svetlosti. Suspendovani kalcijum i bikarbonat u vodi, nalazišta sedrena, kao i sezonske promene u vegetaciji oko jezera i višebojnih algi u vodi, stvaraju mnoge boje ovih kristalno čistih jezera.

A poznata Kineska poslovica kaže: *Kada vidite vode u Juizhai Dolini, nema potrebe da pogledate bilo koju drugu vodu.*

Podzemni kanali, koji teku duž zglobova u krečnjaku, igraju važnu ulogu u održavanju nivoa vode, kako kod viših, tako i kod nižih jezera. Iako reka Čang hai nema rečno ušće, voda ove reke otiče kroz nasip ispred nje u reku Cai Wu Chi (Cai Vu Či), a voda se takođe ispušta kroz podzemni kanal u Bambu Arov jezera, i jezera Pet Cvetova (Sl.72), u susednoj Ri Ze (Ri Ze) dolini. Ovaj kanal, formiran od strane pukotina i defekta u krečnjacima, predstavlja vezu između dve doline.



Sl.72. Jezero Pet Cvetova.

Park je prirodno stanište za dve najdragocenije vrste ugroženih životinja u Kini, a to su *Ogromna panda* i *Zlatni Sečuan*, majmun prćastog nosa (Sl.73 i 74). Međutim, zbog veličine parka, šanse da se ove životinje vide su izuzetno male. Navodno, u ovom parku živi oko dvadesetak pandi. U glavnim dolinama se može videti veliki broj životinja, uključujući ptice, insekte i ribe.

Najzanimljivije je to što i, uprkos svim jezerima u parku *Jiuzhai Dolina*, komaraca nema. Skoro 300 kilometara kvadratnih ovog parka čine netaknute šume. Flora se u velikoj meri menja zajedno sa menjanjem nadmorske visine. U nižim predelima, obilne su trave i trske, koje se brzo zamenjuju šumama bambusa, listopadnog drveća, kao i četinara na gornjem kraju doline. Iza njih su stenovite padine sa vrhovima *Minshan* (*Minchan*), koji su pokriveni ledom.



Sl.73. Gigantska panda.



Sl.74. Zlatni Sečuan.

2.1.3. Obojena pustinja (SAD)

Obojena pustinja je područje zapanjujuće lepote (Sl.75). Širi se duž reke *Mali Kolorado*, od *Velikog Kanjona* do Nacionalnog parka *Okamenjena šuma* u sevrenoj Arizoni. Pustinja je dobila naziv *Obojena pustinja* zbog jarko obojenih formacija tla, sastoji se od neprohodnih brda i stenovitih formacija, kao i spektakularnih brda ravnog vrha i strmih obronaka i šiljatih brda, koja

se izdižu iz podnožja pustinje. Stene i tlo poseduju različite kombinacije minerala i raznih biljnih i životinjskih materijala, a upravo te kombinacije doprinose šarenilu formacija, posebno crvenih stena.

Ovi krajolici najlepši su u zoru ili sumrak, jer stene poprime nijanse ljubičaste, plave i narandžaste. Park se neprestano menja, vetrovi premeštaju sedimente, uzrokujući izbijanje nižih slojeva fosila, kao i okamenjenih šuma na površinu, kao i 220 miliona godina starih četinara iz perioda trijasa.



Sl.75. Obojena pustinja.

Geološki slična mnogobrojnim drugim parkovima u Koloradu, i Obojena pustinja je nekada bila ogromna nizija, ispresecana mnogobrojnim rečicama i prekrivena obiljem impozantnim borovima. Zatrpana muljem, blatom i vulkanskim pepelom, stabla su ostala bez dotoka kiseonika, što je usporilo propadanje stabla. Podzemne vode, bogate silicijum dioksidom, su prodirale kroz stabla i polako ukalupljivale izvorna tkiva talozima silicijum diokksida. S vremenom se silicijum dioksid kristalizovao, a stabla su zadržala svoj oblik i pretvorila se u okamenjenu šumu. Nacionalni park *Okamenjena šuma* je najveći primer ovog fenomena na svetu (Sl.76).



Sl.76. Slika levo: okamenjena stabla; Slika desno Petroglifi.

2.1.4. Viktorijini vodopadi

Kada je 1851. godine škotski istraživač Dejvid Livingston čuo za postojanje velikih vodopada u Africi, odlučio je da ode i lično se uveri u njihovo postojanje. Posle četiri godine istraživanja kontinenta, uputio se ka reci Zambezi.

Prvu noć je proveo na ostrvu Kalai, nekoliko kilometara uzvodno od vodopada, a sutradan, 17. novembra 1855. godine, kanuom je krenuo u pravcu zastrašujuće grmljavine koja se čula iz daljine. Zaustavio se na najvećoj adi, koja je kasnije po njemu dobila ime, i odatle prvi put ugledao veličanstvene vodopade. Poznato je da ih je, fasciniran prizorom, nazvao po slavnoj engleskoj kraljici Viktoriji. Utiske je upisao u dnevnik: *Naježio sam se iz strahopoštovanja, zagledao u veliku razderotinu koja se prostirala od jedne do druge obale reke Zambezi, i video hiljadu metara širok tok koji je jurio nadole stotinu metara... Bila je to najlepša scena koju sam video u Africi!*

Viktorijini vodopadi, ili, kako ih lokalno stanovništvo zove, *Mosi-oa-Tunia (dim koji grmi)*, nalaze se na granici između Zambije i Zimbabvea. Široki su 1.7 kilometara i visoki 128 metara. Deo su dva nacionalna parka, *Mosi-oa-Tunia* u Zambiji i *Viktorijini vodopadi* u Zimbabveu. Jedna su od najvećih atrakcija južne Afrike i nalaze se pod zaštitom UNESCOa.

Širi su od Nijagarinih i jedini „konkurent“ im mogu biti vodopadi Iguasu u Južnoj Americi. I dok su Iguasu podeljeni u oko 270 manjih vodopada, Viktorijini su najveći i najširi vodopadi „u komadu“ na svetu.

Prvi ljudi koji su naselili ovo područje bili su Bušmani. Posle njih su došli Tokaleji, koji su vodopade zvali *Šongve*. Kasnije, Nbedele su ih nazvali *Manza Tunkvajo*, a narod Makololo im je dao ime *Mosi-oa-Tunia*.

Kada se Livingston pet godina posle „otkrića“ vratio u Afriku s kolegom Džonom Kirikom, vodopadi su detaljno istraženi. Od drugih ranih evropskih istraživača, njima su bili fascinirani i Portugalac Serpo Pinta i Britanac Tomas Bejns, koji je napravio i prve fotografije. Otkada je 1905. godine ovuda prošla pruga, vodopadi su postali dostupni i ostatku sveta. Zanimljivo je da je reka Zambezi na mestu gde se obrušava u provaliju široka 1.7 kilometara, a da posle vodopada put nastavlja koritom širine nekoliko desetina metara. Četiri ostrvca koja se nalaze na samom rubu zaslužna su za to da umesto jednog postoji više vodopada. Kraj desne obale, nalazi se 35 metara širok vodopad, zvan *Davolji vodopad*. Iza 300 metara širokog ostrva *Boaruka*, sledi glavni vodopad širine 460 metara. Ostrvo *Livingston* deli glavni vodopad od sledećeg, širokog 530 metara, poznatog kao *Dugin vodopad*, dok se uz levu obalu nalazi *Istočni vodopad* (Sl.77). Voda se obrušava tolikom silinom, da se izmaglica koja nastaje podiže do 400 metara uvis, a ponekad i duplo više, čak i do jednog kilometra. Vidljiva je sa udaljenosti od čak 50 kilometara, a osim danju, ovde je moguće videti dugu i noću, u vreme punog meseca.

U vreme sezone kiša, niz vodopade se surva 500 miliona litara vode u minutu. Najveći ikada zabeleženi protok registrovan je 1958. godine, u vreme velike poplave, od neverovatnih 770 miliona litara u minuti. Primera radi, Nijagarin protok na vodopadima je „samo“ 170 000 kubnih metara, a oni koji su videli njene vodopade ostajali su bez daha. Jedini ispust u koji se voda survava jeste uzan kanal probijen u prirodnom zidu, koji je širok tek oko 30 metara. Odatle reka nastavlja cik-cak putanju kroz klisuru dugu 80 kilometara. Na kraju prvog dela klisure, reka se širi u dubokom prirodnom bazenu, zvanom *Tačka ključanja*, širine 150 metara.



Sl.77. Viktorijini vodopadi.

Površina je ovde glatka i mirna, ali u nastavku je carstvo opasnih virova. Nakon što reka izade iz *Tačke ključanja*, naglo skreće ka zapadu, i ulazi u novu cik-cak klisuru, čije su stranice visoke 120 metara. Razlika u nivou reke između vlažne (april-septembar) i suve (oktobar-mart) sezone je čak 20 metara. Kod *Tačke ključanja*, desno od vodopada, nalazi se železnički most koji spaja dve strane klisure. Jedan je od samo pet mostova preko Zambezija, a izgrađen je 1905. godine. Dugačak je 250 metara i nalazi se 125 metara iznad reke. Bio je deo pruge koja je spajala Kejptaun i Kairo, a danas povezuje gradove Viktorija Fols i Livingston s Bulavajom i Lusakom.

Pre nego što je izgrađen, vodopadi su bili slabo posećeni. Njihova popularnost naglo je porasla u vreme britanske kolonijalne vlasti, kada je procvetao i grad Viktorija Fols na zimbabveanskoj strani. Od kraja 60-ih godina prošlog veka, broj posetilaca je opao zbog gerilskih ratova u Zimbabveu, tadašnjoj Rodeziji, kao i klime nepoverenja prema strancima u vreme vlasti Keneta Kaunde u Zambiji.

Nezavisnost Zimbabvea 1980. godine donela je mir, kao i povratak turista, a samim tim i ubrzani razvoj cele regije. Krajem devedesetih godina prošlog veka, vodopade je godišnje posećivalo oko 300 000 turista, a ta cifra bi uskoro mogla da dostigne i brojku od milion. Veći broj posetilaca je na zimbabveanskoj strani, zahvaljujući daleko razvijenijoj infrastrukturi. Ipak, i ovde je došlo do pada posete, u vreme nemira pre nekoliko godina.

Dve države su se dogovorile da turisti mogu da prelaze njihove granice u dnevnim izletima, ali jedini problem predstavlja visoka cena viza koje se dobijaju na licu mesta, posebno onih za ulaz u Zimbabve.

Kao što smo već pomenuli, vodopadi su deo dva nacionalna parka. Oba su mala i pokrivaju površinu od 66, odnosno 23 kvadratna kilometra. Ipak, u njima ima životinjskih vrsta, uključujući pozamašnu populaciju slonova, bivola i žirafa, a u reci živi i velika kolonija nilskih konja. *Mosi-oa-Tunia* je stanište i jedne od najredijih životinjskih vrsta, *belih nosoroga*. Ovde žive samo dva primerka ove izuzetno ugrožene vrste, koja su uvezena iz Južnoafričke Republike (Sl. 78.). Grad Viktorija Fols, ili popularno nazvan Vik Fols, malo je mesto od 40 000 stanovnika i smešten je u istoimenom nacionalnom parku.



Sl.78. Slika levo: Beli nosorog; Slika desno: Viktorijini vodopadi.

2.1.5. Nacionalni park Tikal, Meksiko

Tikal je najveće arheološko nalazište civilizacije Maya. Nalazi se u provinciji Peten, na severu Gvatemale. Oblast Nacionalnog parka *Tikal* se smatra Svetskom baštinom pod zaštitom UNESCOa. *Tikal* je zaštićen po dva osnova: kulturnom (kao spomenik i arheološko nalazište) i kao rezervat prirode. *Tikal* se nalazi u ravničarskom području srednjoameričke džungle. Najблиži grad je Flores, udaljen oko 30 kilometara.

U parku *Tikal* su prisutne egzotične tropске vrste drveta, kao što su džinovski kapok, inače sveto drvo Maya, tropski kedar i mahagoni. Od životinjskog sveta, zastupljeni su aguti, koati, siva lisica, majmuni hvatači, majmuni urlikavci, harpije, sokolovi, okaste čurke, tukani, zeleni papagaji, mravi listojedi, itd. Jaguari i kuguari takođe lutaju ovim parkom (Sl.79).



Sl.79. Slika levo: aguti; desno: jaguar.

Tikal je bio jedan od najznačajnijih kulturnih centara civilizacije Maya, a u isto vreme jedan od najvećih gradova. Iako neki spomenici u njemu potiču iz 4-og veka p.n.e., *Tikal* je svoj vrhunac dostigao u klasičnom periodu, između 200. i 850. nove ere. U ovom periodu, *Tikal* je bio dominantni politički, ekonomski i vojni centar civilizacije Maya. *Tikal* je bio u kontaktima sa civilizacijom Teotiuakana i postoje indikacije da je Teotiuakan osvojio i možda kolonizovao *Tikal* u 4. veku. U *Tikalu* postoji jasna pauza u podizanju građevina tokom 7. veka, što se tumači ranijim porazom u borbi sa gradom Karakol. Velelepne piramide su uglavnom sagrađene u prvoj polovini 8. veka. Poslednji spomenik u *Tikalu* je podignut 879. Ovaj prestanak graditeljske aktivnosti, bio je praćen smanjenjem stanovništva, i najzad, potpunim napuštanjem *Tikala*.

krajem 10-og veka.

Samo je manji broj građevina i spomenika arheološki istražen u Tikalu, i to posle nekoliko decenija istraživanja. Najimpozantnije građevine u Tikalu su šest stepenastih piramida, označenih kao hramovi I – VI (Sl.80). Na vrhu svake od piramida, nalazi se svetilište. Neke od piramida su više od 60 metara. Većina piramida je podignuta između 7. i 9. veka, mada u njima postoje tragovi ranije podignutih struktura.

Hram I (*Hram velikog Jaguara*) potiče iz 695; hram II (*Hram Meseca*) iz 702; *hram III* je sagrađen 810. Najveći hram u Tikalu, *hram IV*, visok je oko 70 metara. Ovaj hram slavi vladavinu Jik in Čan Kavila (Yik'in Chan Kawil), a natpis na njegovom svetilištu pominje godinu 741. *Hram V* je izgrađen 750, i jedini je u kome nije pronađen grob nekog vladara. Hram VI (*Hram natpisa*), potiče iz 766.

U gradu su pronađeni ostaci kraljevskih palata, neka manja svetilišta, i kamene reljefne stele. Otkriveno je i sedam igrališta za „igru loptom“, koja je imala religijski značaj u srednjoameričkim civilizacijama.

Stambeni sektor Tikala pokriva je površinu od 60 km², i najvećim delom ovaj prostor nije istražen. Procenjuje se da je ovde nekad stanovalo između 100 000 i 200 000 ljudi.



Sl.80. Hram.

2.1.6. Roze jezera

U svetu postoji ukupno osam ovakvih jezera, a to su: Jezero *Retba* u Senegaluu, u Australiji to su jezera *Hutt Lagoon*, *Pink*, *Hillier*, *Quairading Pink*, u Španiji je to jezero *Salina de Torrevieja*, u Kanadi *Dusty Rose*, u Azerbejdžanu *Masazirgol or Masazir*. U daljem tekstu, biće predstavljena dva jezera.

Prvo jezero je locirano 40 km severno od Dakara u Senegaluu, u predelu punom dina, prekrivenim palminim drvećem - to je *Retba jezero*, poznato u svetu po svojoj ružičastoj boji (Sl.81). Kada voda u jezeru dostigne nivo saliniteta veći od mora i kada temperatura vode bude dovoljno visoka, alga počinje da pušta svoj pigment beta karotin. To je zelena alga *Dunaliella salina*. Tada nastupa bezopasna halobakterija, koja se razvija na dnu pod uticajem soli i njihovim delovanjem stvara se pink boja. Jedinstvena boja se menja u zavisnosti od intenziteta sunčevih zraka.

Lokalni meštani svakodnevno vade so iz jezera dubokog 1.5 m, sa istom tolikom debljinom slanog sloja na dnu. So skupljaju u kanue i ostavljaju na površini da se suši. Kako rade danonoćno, naročito žene, koje provode i po 14 sati u vodi, a ako uzmemu u obzir da 1l vode ima 380 g soli, njihova koža postaje ugrožena. Zato premazuju svoja tela sa *shea* puterom, koji je inače najdelotvornija mast za očuvanje lepe kože. Mast se dobija od orašastog ploda *shea* drveta, koje isključivo raste u afričkoj divljini. Odlično je mesto da ljudi učite da plivaju, jer, poput Mrtvog mora, u njemu ne možete da potonete.



Sl.81. Jezero Retba.

Meštani ga zovu i *jezerom ljubavi*, kako ružičastu boju smatraju bojom ljubavi. U tom predelu raste veliki broj baobab drveća, koje se smatra svetim drvetom u Senegaluu i u prevodu znači *drvo koje dubi na glavi*. Od njegovih plodova, prave sokove i čamce, kao i razne druge stvari. Inače je predeo u kome se skupljaju ptice, pa i retke vrste.

Druge je jezero *Hilijer*, u blizini Esperance, drugom po redu divljem predelu zapadne Australije, koje dostiže boje od plave, preko ljubičaste, do drečavo, bajkovito ružičaste, u zavisnosti od doba dana i vremenskih uslova. Dugo je 600 m i presečeno je okeanskom vodom na jednom delu, gde je i zašumljeno. U sušnim periodima, kada je jezero suvlje, tada jača refleksija sunca čini da bude jarko pink boje. Plitko je i slano, oivičeno belom solju i okruženo šumom eukaliptusa i čaja. Britanski moreplovac i hidrograf Metju Flinders ga je otkrio 1802. godine.

Jedno vreme se i iz njega vadila so, međutim, to je posle samo šest godina obustavljeno, i od tada ono uživa u svom miru, kao deo ostrva Midl pokrivenog gustom šumom. Temperature u ovom predelu su oko 40°C, pa zbog isparenja dubina ne prelazi metar tokom kišnih dana, što povećava salinitet. Verovalo se da su alge uzrok roze boje, međutim naučnici su dokazali da u njemu nema algi, tako da je i dalje misterija zbog čega je takve boje (Sl.82).



Sl.82. Jezero Hilijer okruženo šumom eukaliptusa.

2.1.7. Đavolja varoš (Srbija)

Đavolja varoš predstavlja redak prirodni fenomen na Zemlji (Sl.83 i 84). Nalazi se na 89 km jugozapadno od Niša, a 60 km severozapadno od Prištine. Najbliže naselje varoškog tipa je Kuršumlija – 27 km. Đavolja varoš je raritet svetskog značaja, a sastoji se od oko 200 *zemljanih piramida* koje se nazivaju i *glavolutcima* ili *kulama*. Nastale su spiranjem zemljišta i rečnom erozijom. Ono što ovaj fenomen čini interesantnim jesu i vode koje se u narodnoj medicini koriste kao lekovi, a koje sadrže velike količine Fe, S, Cr, K, Ni...

Đavolja varoš stavljen je pod zaštitu Republike Srbije kao *Spomenik prirode prve kategorije od izuzetnog značaja*. Međutim, ova zaštita je samo na papiru. Nije ucrtan ni na jednoj turističkoj ili bilo kojoj drugoj karti, o njegovom stanju i daljem proučavanju niko se ne brine. Turizam ovde može imati prioritet, kako bi se ovo prirodno blago valorizovalo i dalje pratilo i proučavalo. Nastanak ovog neobičnog sveta živi u legendama, koje bi se, da nisu zapisane, već izgubile, jer nema ko da ih ispriča, da ih prenese s kolena na koleno, jer je okolina opustela. U blizini ovih zemljanih piramida, nema nijedne kuće, nijednog aktivnog stanovnika. Meštani, ne znajući da objasne proces stvaranja ovakvih neobičnih oblika, njihov postanak objašnjavaju praznovericama.

U narodnoj mašti, stvoreno je pet legendi o postanku ove prirodne atrakcije. Po prvoj legendi, ove stubove su napravili đavoli od razrušene crkve, koja se nalazi u njihovoј neposrednoj blizini. Prema drugoj legendi, u dalekoj prošlosti, ovde se nalazilo utvrđeno naselje. Ovim krajem vladao je aga, čiji zulum nikoga nije poštедeo. Narod je mislio da ima veze sa đavolom. Zbog nepokornosti raje, strašni aga se naljutio, sakupio silnu vojsku i porušio grad, a njegove stanovnike pretvorio u kamene figure. Prema trećoj legendi, stubovi su nastali od okamenjenih đavola koje su crkveni đaci u opkladi nadmudrili. Kušani od đavola, kaže legenda, đaci, koji su više voleli provod nego učenje, opklade se da će ih nadmudriti. Izgubivši opkladu, đavoli se pretvorile u glavutke, a đaci, ogrešivši se o dati zavet, pretvorile se u đavole. U četvrtoj legendi se govori da kamene figure nisu ništa drugo nego okamenjeni svatovi. Zbog lepe devojke, zavadile su se dve porodice. I jedna i druga pošle su po devojku, srele se na tom mestu i sukobile. Da bi se izbeglo prolivanje krvi, neka tajanstvena sila ih sve kazni tako što ih skameni. Tako okamenjeni trebalo je da ostanu 100 godina, ali je ta sila zaboravila na svoje svatove. Po

petoj legendi, piramide su "kićeni svatovi", na rodoskrvnoj svadbi, kada se brat ženio sestrom. Bog ili neka viša sila ih odmah skamenila, jer su učinili nešto nedopustivo.

Na drugoj strani su naučna objašnjenja, kratka i precizna: *piramide su nastale erozivnim radom vode, u heterogenoj geološkoj građi, krupniji blok koji se našao na površini, sprečio je razaranje i odnošenje brečoidnog materijala ispod sebe i tako su nastale kule ili piramide. Zovu se još glavuci, slučajni spomenici, kaluđerice, devojke....*

Kosanica je obrazovala sлив на земљишту које је у плiocену било под језером: од Лесковаčко – Нишког језера, зализило је према западу долином Топлице и Косанице, један рукај у облику залива. Главе вљастих земљастих stubova леже на апсолутној висини од 640 м. Stubovi су, у ствари, урезани у растресити језерски под и израђени су од три sprata različitog сastava.

У подлози преко лапоровитог слоја, debeleg do 1 m, leži žućasta glina debela do 3 m. Iznad тога, долази debeo sloj krupnozrnog peščara i poluzaobljenog komada od andezita. Ovaj grubi materijal je mešovitog porekla, језерског i rečnog. Stubovi se na vrhu završavaju andezitskim pločama, које štite rastresitu подлогу под собом од razaranja i odnošenja. Glavuci су izgrađeni почеv od najkrupnijeg језерског, па do najgrublјег језерског i rečnog materijala. Smenjivanje slojeva je дошло kao posledica спуштања језерског нивоа. За време језерске фазе, од 640-660 m, на овом месту су таложени litoralni sedimenti, језерски песак, шljunak, као и отргнут, полузаobljen i nezaobljeni језерски материјал, који је касније stvrdnut u konglomerat, dok je finiji материјал talasima neogenog језера однет u veće dubine. Dva потока теку паралелно na rastojanju od oko 60 m. Posle većih kiša, oni su donosili i krupno камење, које је остalo u неким sedimentima. Veći stenoviti блокови су одронjeni i dovaljani sa strmог одсека i улоženi u језерски материјал. Kišne kapi i mlazevi režu rastresitu подлогу i однose je, dok земљиште ispod stenovitih блокова ostaje заštićeno od spiranja, na tim mestima se stvaraju stubovi. Kiša može da vrši veoma intenzivan rad, naročito kada je udarna snaga kapi velika. Zbog тога су главуци виши na западној strani abrazione terase, koja je izložena vetru, nego na istočnoј strani.

Na visinu главутка utiču i vodenii mlazevi, koji za vreme i posle kiše proteknu između njih. Odnoseći материјал, oni tada produbljuju korita i time povećavaju visinu stubova. Zato главуци na vrhu grebena, nastali isključivo radom kiše, imaju manju visinu od оних који леже ispod njih i koji su stvoreni udruženim radom kišnih kapi i vodenih mlazeva.



Sl.83. Tabla na ulazu u Đavolju varoš.



SL84. *Đavolja Varoš.*

Đavolja varoš zahvata srednji deo vododelničkog pojasa između Đavolje i Paklene jaruge. Dužina tog pojasa, sa leve strane *Đavolje jaruge*, iznosi 85 m, a širina 30 m, a sa desne strane *Paklene jaruge*, dužina je 160 m, a širina do 20 m.

Na tom nevelikom prostoru, koji se ne može obuhvatiti jednim pogledom, jer leži sa obe strane razvoda između Đavolje i Paklene jaruge, stvorene su 202 piramide. Njihova visina se kreće od 2-15 m, dok im se širina u osnovi kreće od 4 do 6 m, a pri vrhu se svodi na 1 do 2 m. Većina kula ima kapu ili glavu, koja štiti od razaranja, a neke kule su tu zaštitnu kapu izgubile.

Na prostoru Đavolje varoši, prisutne su dve interesantne hidrografske pojave: *Đavolja voda* i *Đavolje vrelo*. *Đavolja voda* je skup nekoliko slabih izvorčića, koji se javljaju na visini od oko 700 m i iznad nje, u koritu *Đavolje jaruge*. Voda je jako mineralizovana (suvi ostatak 8.150 mg/l) i opasna je za piće. Izdašnosti izvorčića iznose oko 0.5 l/min, dok temperatura vode varira pod uticajem temperature vazduha i stena. Voda se koristi u narodnoj medicini za zalećivanje rana, a u manjoj količini i za piće, kod oboljenja grla, usta, ždrela. Savremena medicina je ranije sprečavala korišćenje *Đavolje vode*, a sada je toleriše, tako da se u *Prolog banji* javno prodaje, uz visoku cenu (SL85).



SL85. *Vode u Đavoljoj Varoši. Pećina Banja Stijena i pećina Govještica.*

Đavolje vrelo nalazi se u blizini buduće upravne zgrade. Pojavilo se 1970. godine iz geološke bušotine. Od tada, voda ističe i široko se razliva prema koritu Žutog potoka, taložeći gvožđeviti oksid i formirajući minijature slappe (Crveni slapovi). Ključanje vode (otuda *Đavolje vrelo*), crvenkaste boje i brojne mikrokaskade i nabori, nikog neće ostaviti ravnodušnim. Voda je takođe jako mineralizovana (suvi ostatak 4.037 mg/l).

Republički zavod, na osnovu *Zakona o zaštiti prirode*, uradio je elaborat Spomenik prirode – Predlog za stavljanje pod zaštitu Đavolje varoš kao prirodnog dobra od izuzetnog značaja, na osnovu koga je Vlada Republike Srbije,

rešenjem broj 1 10-762/60-3, dana 15.03.1995. godine donela *Uredbu o zaštiti spomenika prirode Đavolja varoš kao prve kategorije i ustanovljen je režim zaštite drugog stepena*. Područje se nalazi na *Listi objekata geonasleđa Srbije (ProGEO)* evropskog nivoa vrednosti i na *Nacionalnoj listi jednog od pet područja koje treba da bude nominovano za svetsku prirodnu baštinu (UNESCO)*.

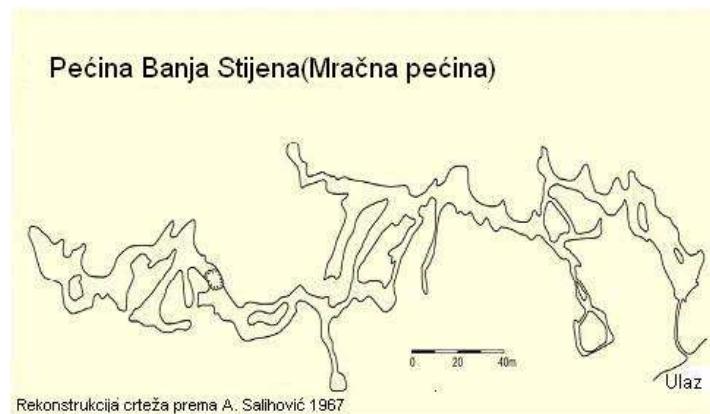
2.1.8. Pećina Banja Stijena (BiH)

Pećina *Banja Stijena* sa pećinom *Goyještica* predstavlja složen speleomorfološki system, koji još nije u potpunosti istražen. Posmatrano u planu, pećina je razgranata i sastoji se iz ulaznog kanala, nekoliko većih galerija i više manjih kanala koji ih spajaju (Sl. 86.). Ukupna dužina pećinskih kanala iznosi oko 1200 metara. Bogata je atraktivnim pećinskim nakitom, koji sačinjavaju bigrene kade, salivi, stalaktiti, pećinski stubovi. Pećina je nastala u stenama srednjetrijaskih karbonatnih masa. Po dužini, presek kanala ukazuje na relativno malu visinsku razliku nagiba i uspona kanala u odnosu na ulaz. Po bogatstvu i raznovrsnosti pećinskog nakita, jedna je od najlepših pećina u BiH (Sl. 87.).

Pećina *Goyještica* se nalazi na levoj strani reke Prače, nekoliko stotina metara nizvodno od ulaza u pećinu *Banja Stijenu*. Ulaz se nalazi na 583 m n.v. Veliki ulaz u *Goyještici* je formiran u obliku nadsvoda dugog 30 m, u kome se nalazi i jedan sporedni ulaz. Iza ovog dela, ulazi se u veliku, gotovo kružnu dvoranu, dugu oko 40 m, na čijem kraju sa nalazi jezero približno kružnog oblika, prečnika oko 10 m.

Istraživač Daneš prepostavlja da se podzemne vode rečice Rešetnice, koja ponire na Glasinačkoj visoravni, pojavljuju u *Goyještici*. Za vreme otapanja snega, nivo vode jezera podigne se za 3 metra i tada voda ističe slapom iz prostranog ulaza u pećinu.

Prvi pisani podaci o paleontološkim istraživanjima datiraju iz 1918/1919. godine, a ostavio ih je Daneš. Istraživanja koja je ovaj autor sproveo imala su za cilj utvrđivanje vrste i količine gline i fosilnih ostataka kostiju, zbog mogućnosti korišćenja ovih materijala za specijalne namene, odnosno proizvodnju baruta. Tom prilikom je u *Ulaznoj dvorani* pronašao manju količinu kostiju pećinskog medveda. Velike zasluge u istraživanju pećinskih insekata ima Viktor Afelbek, kustos Zemaljskog muzeja u Sarajevu.



Sl.86. Pećina Banja Stijena.



Sl.87. Pećinski nakit u pećinama Banja Stijena i Goyještica.

U široj zoni pećine nisu primjećeni uticaji čovjeka u novije vrijeme, što je i razumljivo, s obzirom da su tokom rata 1992-1995. postavljena minska polja, koja još uvek onemogućavaju siguran dolazak do pećine.

Na osnovu *Pravilnika o kategorizaciji prirodnih dobara* i preporukama *Nacionalnog savjeta za geo-nasleđe RS* i *Evropske asocijacije za konzervaciju geološkog nasleđa (Progeo)*, a ceneći činjenicu da suštinska obeležja pećine *Banja stijena* po većini kriterijuma imaju visok rang u trostepenoj skali vrednovanja, kao i da ovo područje može uspešno razvijati zaštitne i druge dozvoljene funkcije, predloženo je svrstavanje pećine *Banja stijena* u *prirodna dobra od velikog značaja*, odnosno *prirodna dobra II kategorije - objekat geonasljeđa nacionalnog značaja*.

Glava 5.

BIODIVERZITET

1. DEFINICIJA I ZNAČAJ BIODIVERZITETA

U naučnoj javnosti uopšte, a dobrim dijelom i u obrazovnim ustanovama, **biodiverzitet** je jedna od najčešće korišćenih riječi. Ovaj izraz najčešće dovodimo u vezu sa stanjem ekosistema, *posebno kada je u pitanju opstanak određenih vrsta* i posljedica koje bi mogle nastupiti po život na Zemlji. Ovim terminom označavamo raznovrsnost života i uslova u ekosistemu i cijeloj biosferi.

Spajanjem riječi *bio* (*bios* – život) i *diverzitet* (od engleske riječi *diversity* – raznovrsnost), nastao je pojam biodiverzitet. Svoje mjesto u okviru pojma biodiverzitet nalaze sve vrste živih bića, njihove raznovrsne genetičke osnove i međusobne koakcije, ali i interakcije sa neživom prirodom. Pod ***biodiverzitetom*** smatramo cjelokupnu različitost i promjenljivost gena svih živih vrsta na Zemlji, odnosno biljaka, životinja, mikroorganizama i gljiva, ali i raznolikosti kojima se odlikuju ekosistemi. Čini ga jedinstvo tri njegova nivoa, genetički, specijski i ekosistemski.

Na Zemlji su se odvijale stalne promjene uslova sredine, pa je biodiverzitet *evolutivni odgovor* na te promjene. Trajnost intenziteta djelovanja ekoloških faktora su se mijenjali, što je bio potsticaj za evolucijske procese i beskonačnu raznovrsnost pojava i oblika. Sa većim promjenama, bilo je i izumiranja određenih vrsta, ali su se poslijе javljale nove prilagođenosti.

Za čovjeka i cijeli ovozemaljski život, **značaj biodiverziteta** je višestruk. Veza među organizmima i između žive i nežive prirode ostvarena je zahvaljujući raznovrsnim životnim oblicima. S obzirom na ogroman značaj za održavanje života na Zemlji, biodiverzitet je u fokusu interesovanja biologa, ali i naučnika iz drugih naučnih disciplina koji se bave odnosom ljudskih populacija prema prirodnim vrijednostima.

Kao složen pojam, biodiverzitet je potrebno istraživati, prije svega, zbog njegovog fundamentalnog i aplikativnog značaja.

U složenosti svih oblika života na Zemlji leži *fundamentalni značaj* biodiverziteta. Ne smijemo ga posmatrati kao prost zbir svih organskih vrsta na Zemlji, jer se on odnosi na brojne i raznovrsne ekološke interakcije. Funkcionisanje ekosistema omogućeno je postojanjem biološke raznovrsnosti (biodiverziteta). Biodiverzitet omogućava i postojanje biogeohemijskih ciklusa, proizvodnju kiseonika, proces fotosinteze i razgradnju organske materije.

Aplikativni značaj biodiverziteta se ogleda u njegovoj raznovrsnosti i korisnosti za razvoj čovječanstva. Bez korišćenja mnoštva bioloških resursa, ne bi bila moguća evolucija ljudske vrste i napredak civilizacije.

Postoji bezbroj razloga zašto treba čuvati biodiverzitet, ali više pažnje ćemo posvetiti globalnom, naučnom, praktičnom, ekonomskom, estetskom i etičkom značaju biodiverziteta, a osvrnućemo se ukratko i na biodiverzitet kao nacionalnu kulturnu baštinu.

Globalni značaj biodiverziteta najbolje se može sagledati kroz globalni biogeohemijski ciklus i zemljiste.

Globalne biogeohemijske cikluse vode, kiseonika, ugljen-dioksida, azota, fosfora i drugih mineralnih elemenata, omogućuju raznovrsni živi organizmi na koji vrše različite životne aktivnosti. Prisustvo dovoljne količine kiseonika u biosferi, neophodne za brojne hemijske i biološke reakcije i disanje aerobnih živih bića, omogućeno je zahvaljujući fotosintezi oko 280000 biljaka s hlorofilom (alge, mahovine, vaskularne biljke). Primarna organska materija stvara se procesom fotosinteze. Primarna organska materija predstavlja osnovu za sekundarnu proizvodnju, koja se ostvaruje zahvaljujući složenim trofičkim odnosima mnoštva živih bića. Kruženje materije i protok energije je moguć samo postojanjem i održavanjem biodiverziteta.

Zemljista, kao tankog i obradivog sloja litosfere, ne bi bilo bez životnih aktivnosti organizama. Organizmi su omogućili pretvaranje izdrobljene stijenske mase u plodni mineralno biološki kompleks. Osim što je izvor mineralnih elemenata, vode i hrane, zemljiste predstavlja i stanište brojnih organizama. Više stotina godina je potrebno za stvaranje jednog centimetra zemljista.

Ljudi često organske vrste dijele na štetne i beznačajne. Često se ide toliko daleko u krajnosti kada se prihvata samo diverzitet organizama koji služi čovjeku. Čovjek prirodne ekosisteme pretvara u poljoprivredne površine i urbanizovane cjeline i tako stvara biodiverzitske pustinje i neizvjesnu budućnost ljudskog roda. U biosferi nešto može prividno da izgleda kao beskorisno, ali ono može biti toliko važno, da njegovim isključenjem u krajnjem ishodu nestaje i ono što za čovjeka ima direktnu korist.

U proučavanju biodiverziteta i saznanju o zakonitostima koji vladaju u prirodi, ogleda se **naučni značaj biodiverziteta**. Sredinom 19. vijeka, biogeografi i ekolozi su prvi započeli fundamentalna istraživanja o raznovrsnosti živog svijeta. Svojim proučavanjem dolaze do saznanja da na našoj Planeti postoje prostori koji se

međusobno razlikuju i po broju i raznovrsnosti vrsta. Ekolozi i biogeografi su nam dali odgovore i na pitanja o mogućem broju vrsta i njihovih populacija u određenom ekosistemu, kao i o uticaju određenih faktora na njegovu raznovrsnost. Preduzimanje adekvatnih mjera zaštite ekosistema omogućuje nam korišćenje fundamentalnih saznanja o njemu.

U korišćenju biljaka i životinja u ljudskoj ishrani ogleda se ***praktični značaj biodiverziteta***. U prošlosti i danas, čovjek se hranio i hrani biljkama i životinjama koje nisu bile predmet ljudskog uzgoja, ali su bile, a mnoge i ostale, značajan izvor hrane za čovječanstvo. Čovjek i danas većim dijelom zadovoljava potrebe za ribljim mesom, izlovljavajući ribu u morskoj vodi i vodenim ekosistemima unutar kontinenata. Danas koristimo hranu koja potiče od kultivisanih divljih srodnika gajenih biljaka i životinja. "Genetički ispošćenim" biljnim kulturama i životinjama inbrindingom, genotipovi izvornih vrsta su korisni kao genetičko osvježenje. Veliki dio farmaceutske industrije nezamisliv je bez korišćenja brojnih supstanci koje se dobijaju iz biljaka. Tu su i druge industrijske grane, kao što je drvna, hemijska i prehrambena, koje u mnogome zavise od biljaka.

U dobiti koja se može ostvariti zahvaljujući postojanju biodiverziteta ogleda se njegov ***ekonomski značaj***. Nemoguće je dobiti tačnu računicu za održavanje biodiverziteta i eventualne dobiti od njega. Očuvanje života kao pojave na Zemlji predstavlja najveću dobit za ljudski rod. Bez postojanja vrsta prilagođenih različitim uslovima sredine, prva veća katastrofa planetarnih razmjera bi uništila život na Zemlji. Kroz prihode od turizma, lova, ribolova, korišćenja drveta, i sl., možemo sagledati ekonomsku vrijednost biodiverziteta.

U okviru brojnih posebnosti, ogleda se ***estetski značaj biodiverziteta***. Čovjek se, bez obzira na nivo obrazovanja, uvijek divio nečemu što nema u njegovom okruženju. Za razliku od velikih i jednoličnih prostora koji nemaju značajne estetske karakteristike, prostori sa raznovrsnim biljnim i životinjskim vrstama i reljefnim oblicima su privlačni ljudskim čulima. Brojne estetske vrijednosti omogućilo je postojanje harmonije na prostorima koji se odlikuju raznovrsnošću.

Za osjećaje opšte dobrobiti koje biodiverzitet daje čovjeku veže se ***etički značaj***. Iz prirode, čovjek je oduvijek uzimao sve što je mogao, i prilagođavao svojim potrebama i smanjivao diverzitet prirodnih bogatstava. Čovjek mora naći mjeru u korišćenju prirodnih bogatstava, da bi se očuvalo biodiverzitet i budućnost čovječanstva učinio izvjesnijim. Najveća odgovornost za očuvanje biodiverziteta stoji na najrazvijenijim zemljama svijeta.

2. BIORESURSI

Od bioloških resursa koji obuhvataju gene, vrste i ekosisteme sa aktuelnom ili potencijalnom korisnošću za čovječanstvo, zavisi opstanak čovjeka. Bez očuvanja ukupnog biodiverziteta, ne mogu se sačuvati biotički resursi za buduće generacije. Ukoliko se desi gubitak dijela bioresursa, to će predstavljati njegov trajni gubitak za biodiverzitet i za ljudsku vrstu. Za održanje hranljive vrijednosti brojnih

kulturnih biljaka i životinja značajan je opstanak izvornih, divljih vrsta, jer bez njih nema obnavljanja ispoštenog genetičkog materijala.

Kroz ljudsku istoriju, raznovrsnost, obim, struktura i geografski raspored bioloških resursa su bili od velikog ekonomskog i političkog značaja. Nezaobilazni dio planiranja razvoja dijelova zemalja, pa i države u cjelini, predstavljaju prostori koji se karakterišu visokim diverzitetom. Za pravilno planiranje korišćenja bioloških resursa, moramo prethodno istražiti način i odrediti obim njihovog iskorišćavanja.

O velikom potencijalu bioresursa govori nam i podatak da danas narodni ljekari na našim prostorima koriste približno 400 vrsta biljaka, što procentualno predstavlja oko 10% naše vaskularne flore. U kineskoj tradicionalnoj medicini se koristilo oko 5000 vrsta biljaka. Danas se sve više ispituju sastojci biljaka koji bi omogućili liječenje od teških bolesti. Supstanca koja služi za spravljanje lijeka za liječenje od raka izdvaja se iz borealnih četinarskih vrsta *Taxus celebica*, *Taxus brevifolia* i *Taxus baccata*.

O potrebi čuvanja bioresursa za primjer uzimamo kukuruz. U planinskom području Sierra de Manantlan u Meksiku, prije nešto više od dvije decenije, pronađen je divlji srodnik kukuruza (*Zea diploperennis*). Time su stvorene prepostavke za bezbroj genetičkih manipulacija ispoštenog genoma kukuruza, pa i za stvaranje sorti koje će se moći prilagoditi uslovima sredine i koje će omogućiti još veće prinose.

Čovjek je vršio selekciju biljaka i životinja, uspijevao da stvara nove sorte koje su davale veću produktivnost, odnosno omogućile da proizvede više hrane za narastajuću ljudsku populaciju. U tom pogledu, čovjek je davno prešao mjeru u genetičkim manipulacijama domaćih biljaka i životinja, što je dobrim dijelom dovelo do opterećenja i erozije genetičkog materijala gajenih vrsta i zahtijevalo sve veća ulaganja u proizvodnju i održavanje određenih vrsta. Genetički resursi divlje flore i faune i danas gotovo zaboravljene ranije selekcionisane sorte i rase omogućuju rješenje ovog problema.

Da bi se sačuvala ravnoteža korišćenja i očuvanja bioresursa, mora se voditi računa o *održivom korišćenju bioresursa*. Pod ovim terminom se podrazumijeva korišćenje bioresursa koje neće u razumnom vremenskom periodu dovesti do značajnijeg narušavanja biodiverziteta.

Dana se sve više želi, služeći se *genetičkom inženjerstvom ili biotehnologijom*, postići proizvodnja određenih jedinjenja koja mogu imati veći ekonomski, medicinski ili neki drugi značaj. Na taj način se stvaraju nove vrste mikroorganizama, biljaka i životinja. Time se ne može zaustaviti visoka stopa gubitka biodiverziteta. Koristeći genetički inženjerstvo, molekularni biolozi ne stvaraju nove gene, već vrše transfer dijelova ili gena iz jedne vrste u drugu i, samim tim, njihov uspjeh je neraskidivo vezan sa prirodnim biodiverzitetom.

3. KATEGORIJE BIODIVERZITETA

Iz definicije biodiverziteta može se vidjeti da se on sastoji iz više organizacijskih nivoa, odnosno kategorija:

- *genetički* (genetička raznolikost – diverzitet gena),
- *specijski* (diverzitet vrsta),
- *ekosistemski* (diverzitet ekoloških sistema – ekosistemska raznolikost) i
- *antropološki* (raznolikost ljudskih kultura).

Genetički diverzitet u sebi uključuje ukupnost i raznovrsnost gena vrsta biljaka, životinja, gljiva i mikroorganizama. Čini ga diverzitet: nukleotida (strukturnih i funkcionalnih dijelova nukleinskih kiselina), gena, hromozoma, kao i individua i populacija među kojima se vrši razmjena genetičkog materijala. Pojam *genetički diverzitet* podrazumijeva raznovrsnost DNK strukture unutar jedinki iste vrste. Gene jedinke nasljeđuju od svojih roditelja i predaju ih svome potomstvu. Svaka jedinka u sebi sadrži samo dio genofonda (genetskog materijala) vrste kojoj ona pripada.

Ubrzanom emisijom različitih gasova, čovjek je uticao na efekat staklene bašte, debljinu ozonskog omotača, pojavu kiselih kiša, i sl. Kada se tome pridoda i genetički inženjering, danas postoji realna opasnost od *erozije genetičkog diverziteta* (smanjenje i gubitak genetičkog diverziteta u okviru populacija iste vrste). Eroziji genetičkog diverziteta doprinijelo je i zapostavljanje i nestanak ranije selekcionisanih sorti i, umjesto njih, uzgajanje hibridnih vrsta na većem dijelu površine Zemlje.

Zahvaljujući *bankama gena*, mogu se sačuvati genotipovi uskladištenjem genetičkih materijala u vidu polena, sjemena, embriona, i sl. U slučajevima gdje je čovjek svojim pretjeranim uplitanjem u ekosistemske odnose izazvao genetičku eroziju, uskladištenje genetičkog materijala može biti od velike koristi. Uskladištenjem genetičkog materijala se izbjegava nestanak pojedinih organskih vrsta, ali se može izvršiti i oporavak hibrida gajenih biljaka i životinja.

Sveukupnost organskih vrsta na Zemlji, od pojave života pa do našeg vremena, označavamo pojmom **specijski diverzitet**. Postoje različite procjene o brojnosti organskih vrsta - procijenjena brojka najčešće se kreće oko 80 miliona vrsta koje postoje na Zemlji, ali je do danas opisano manje od dva miliona vrsta. Dobar broj vrsta neće biti nikada ni opisan - ostaće nepoznate zbog njihovog nestanka.

Pod pojmom **ekosistemski diverzitet** podrazumijevamo raznovrsnost staništa, životnih zajednica, ekosistema i predjela, kao i ekoloških procesa kojima su povezani. Njegova raznovrsnost se povezuje sa raznovrsnošću njegove žive i nežive komponente. Specifične osobine jedinki u okviru populacija jedne vrste određuju geni. Abiotičke i biotičke komponente životne sredine nalaze se u stanju

dinamičkih interakcija. Ove dvije komponente formiraju ekosistem koji odražava strukturno i funkcionalno jedinstvo žive i nežive komponente životne sredine.

Na Zemlji susrećemo raznovrsne ekosisteme, kao što su: kamenita, vlažna i sušna staništa, ali i ona koja su izložena vjetru, ili se nalaze na različitim geografskim širinama i nadmorskim visinama, na slanoj ili manje ili više kiseloj podlozi, sa razvijenim ili nerazvijenim zemljištima, i sl. U skladu sa raznovršnošću staništa, imamo i pojavu različitih biocenoza i mnoštva posebnih životnih formi, tako da možemo izdvojiti ekosisteme morskih zaliva, jezera, močvara i neke druge akvatične ekosisteme, ali i terestrične ekosisteme šuma, stepa, savana, planinskih visoravnih, koji su sastavni dijelovi terestričnih ekosistema. Brojna zastupljenost vrsta se razlikuje među njima.

Na šarolikost biosfere i pojedinačnih organizama uticali su raznovrsni uslovi. Tome su najviše doprinijeli klimatski uslovi, koji su više od drugih faktora uticali na formiranje zemljišta različite razvijenosti i, uopšte - smjenjivost ekosistema, počevši od ekvatorskih do polarnih širina. Prema sjeveru i jugu, počev od tropskih predjela, smjenjuju se ekosistemi, od vječno zelenih listopadnih šuma, preko savana, pustinja, tvrdolisne mediteranske vegetacije, listopadnih šuma umjerenih predjela, stepa, do ekosistema četinarskih šuma i tundri u hladnim oblastima Zemlje.

Prema fizičko-hemijskim karakteristikama, veoma se razlikuju vodeni i kopneni ekosistemi, pa je i diverzitet sistema različit. Raznolikost fizičko-hemijskih uslova je naročito izražena kod kopnenih ekosistema, pa je i diverzitet ekosistema zastupljeniji. Kada se tome doda i uključenost stajačih, tekućih, slatkih ili slanih voda, njihova raznovrsnost u odnosu na okeanske sasvim je razumljiva. Tako u kopnenim vodenim ekosistemima, koji zauzimaju svega 1% površine kontinenata, živi 40% svih vrsta riba, a u okeanima (zauzimaju 71% površine Zemlje) 60% vrsta. Listopadne tropske šume pokrivaju 7% površine Zemlje, ali njih nastanjuje 90% svih organizama u biosferi. Raznovrsni uslovi kojima se one odlikuju doprinijeli su da su one najbogatije organskim vrstama.

Potrebno je uslovno shvatiti podjelu na genetički, specijski i ekosistemski diverzitet. Te kategorije su međusobno povezane i uslovljene jedna drugoj. Moramo imati na umu, pri tom, da su geni sadržani u populacijama vrsta koje su sastavni dijelovi ekosistema. Na taj način je ostvareno jedinstvo na osnovu koga se razvio život i ostvaruje njegova evolucija. Sama podjela biodiverziteta na genetički, specijski i ekosistemski je napravljena iz praktičnih razloga, radi održivog korišćenja bioloških resursa i primjene mjera zaštite ekosistema.

Različitost kulturnog svaralaštva ljudi na različitim prostorima obuhvaćena je pojmom **antropološki diverzitet**. Prirodni uslovi su u ranijim fazama razvoja ljudskog društva imali dominantan uticaj na kulturu pojedinih naroda. Razvojem saobraćaja i planetarna razmjena dobara uticali su na sve manje kulturne različitosti među narodima, tako da danas sve više preovlađuje kultura globalnog nivoa.

4. UGROŽAVANJE BIODIVERZITETA

Danas smo svjedoci ugrožavanja, ali i nestajanja brojnih vrsta. Brojnost vrsta i njihovih populacija često je veća na prostoru nerazvijenih država. Kao primjer navodimo slabije razvijenu državu Ekvador, koju naseljava između 20 000 i 25 000 vrsta biljaka. Karakte-ristična je i po velikoj zastupljenosti endemičnih biljnih vrsta (od 4000 do 5000), što je mnogo više, poređenja radi, nego na cijelom Balkanskom poluostrvu, gdje je evidentirano 2600 endemskih biljnih vrsta. Prostor na kom je smještena država Ekvador nastanjuje i veliki broj životinjskih vrsta (oko 1550 vrsta ptica, 358 vrsta amfibija, 345 vrsta reptila, 280 vrsta sisara).

Različite ljudske djelatnosti najviše utiču na ugrožavanje biodiverziteta. Razvijene države do sada su svoj razvoj temeljile na iskorišćavanju prirodnih resursa, a u cilju enormnog bogaćenja pojedinaca, pa i cijelih zajednica. Biodiverzitet je sve više ugrožen uslijed trke za novcem i boljim uslovima življena. Nestanak brojnih vrsta i narušavanje ravnoteže stvorene u prirodi predstavlja vrlo visoku cijenu ubrzanog ekonomskog razvoja.

Klimatske promjene, zagađivanje i kontaminacija, gubitak, fragmentacija i degradiranje staništa, smanjenje populacija pojedinih vrsta i sl., predstavljaju veliku prijetnju biodiverzitetu. Neograničeno korišćenje prirodnih dobara, čime su se rješavali problemi porasta ljudske civilizacije, siromaštva, proizvodnje i potrošnje, dovelo je do nestanka brojnih vrsta na Zemlji.

Vrste su nestajale i zbog *mijenjanja namjene prirodnih prostora*, čiji je početak vezan za razvoj poljoprivrede, prvenstveno ratarstva, kada je čovjek zbog obrade zemlje krčio prostore pod prirodnom vegetacijom. Klimatske prilike, pojačana erozija i siromašenje tla, dovode se u vezu s krčenjem šuma. Nestanak određenog tipa vegetacije sa sobom je povlačio i nestanak brojnih životinjskih vrsta.

Izgradnja i širenje ljudskih naselja, saobraćajnica, navodnjavanje i isušivanje zemljišta, ispuštanje u prirodu zagadjujućih materija, predstavljaju veoma važne razloge koji su doveli do ugrožavanja biodiverziteta. Navedeni razlozi su uticali na izmjenu, umanjenje ili trajno uništavanje prirodne sredine na velikim prostranstvima Zemlje, a time i smanjenje ili potpuni nestanak određenih vrsta (Sl.88).

U gradovima danas živi više stanovnika nego na seoskim područjima. Tome doprinosi sve veći udio industrijske proizvodnje i usluga u ukupnoj privredi. U gradovima, sa njihovim razvijanjem i širenjem, sve veće površine se pokrivaju asfaltom i betonom. Na taj način se remeti uobičajen tok odvodnjavanja padavina, zagađuje se atmosfera, vodotoci i zemljište i, uopšte, pogorsava se i kvalitet životne sredine. Broj jedinki i vrsta biljnog i životinjskog svijeta se ubrzano smanjuje, a dolazi i do nestanka određenih vrsta, a na taj način se stvara drugačiji ekosistem.

Ekosistemi se presijecaju *izgradnjom puteva i željezničkih pruga*, što dovodi do onemogućavanja prenosa materije i energije, kao i reciklaže i lanaca ishrane. Ovi problemi još više dolaze do izražaja prilikom izgradnje kanala za

navodnjavanje i saobraćajno povezivanje (npr. izgradnjom Sueckog i Panamskog kanala).



Sl.88. Orao bjelorepan, jedna od najviše ugroženih vrsta ptica.

Izvor: <http://tetkasaveta.files.wordpress.com/2013/02/orao-slika.jpg>

Potreba za većom proizvodnjom hrane raste sa *povećanjem broja stanovnika* u svijetu. Taj se problem nastoji riješiti širenjem poljoprivrednih površina i intenzivnjom poljoprivrednom proizvodnjom. I krčenjem šuma se šire poljoprivredne površine, pa se u svijetu tokom kalendarske godine uništiti preko 11 miliona hektara šume. Time se zanemaruje njihov značaj kao staništa velikog broja organskih vrsta, uticaj na klimu, stvaranje pedološkog pokrivača i sl.

I sa *promjenom klimatskih prilika*, pogotovo povećanjem vrijednosti srednje godišnje temperature vazduha, dolazi do ugrožavanja biodiverziteta. Pored kosmičkih faktora, tome doprinosi i emisija ugljen-dioksida i drugih gasova koji daju svoj pečat efektu staklene bašte. Otopljavanjem klime, smanjuju se površine pod ledenim pokrivačem, a povećavaju se površine pod pustinjom. Vrste iz toplijih predjela, sa povećanjem temperature vazduha, naseljavaju sve više prostore na višim geografskim širinama, što dovodi do ugrožavanja postojećih.

Smatra se da bi polovina biljnih i jedna trećina životinjskih vrsta mogle biti ugrožene ukoliko se nastavi dosadašnji trend povećanja temperature vazduha, što će dovesti i do smanjenja diverziteta najčešćih živih vrsta na Zemlji. Time će se smanjiti i količina određene biljne hrane, što će izazvati smanjenje brojnih životinjskih vrsta.

Da bi se zaštitile ugrožene vrste, danas se preuzimaju različite mjere. Utvrđivanjem statusa ugroženosti pojedinih vrsta, dolazi se do saznanja o obimu i uzrocima ugroženosti vrsta i omogućuje sprovođenje konkretnih mjera njihove zaštite. Najvažniji podaci o ugroženim vrstama i predviđanje mjera zaštite se štampaju u posebnim publikacijama, *crvenim listama* i *crvenim knjigama*. Osnovni podaci o prisustvu i stepenu ugroženosti određene vrste na pojedinim prostorima tabelarno su prikazani crvenim listama. U crvenim knjigama se nalaze podaci o osobinama ugrožene vrste, stepenu njene ugroženosti, faktorima ugrožavanja i

prijedlozima zaštite. U njima se ugroženi taksoni svrstavaju u određene kategorije koje je predložila *Međunarodna unija za zaštitu prirode (International Union of the Conservation of Nature - IUCN)*.

Prema kriterijumima *Međunarodne unije za zaštitu prirode*, ugroženi taksoni su svrstani u sljedeće kategorije:

- *Iščezli (EXTINCT - EX)* – takson je sigurno izumro kada se može reći da je i posljednji primjerak mrtav.
- *Iščezli u prirodi (EXTINCT IN THE WILD - EW)* – takson je nestao sa svojih prirodnih staništa i nalazimo ga jedino u kulturi.
- *Krajnje ugroženi (CRITICALLY ENDANGERED – CR)* – postoji velika vjerovatnoća nestanka određenog taksona u prirodi.

Glava 6.

ANTROPOGENI FAKTORI

1. DEFINICIJA I ZNAČAJ ANTROPOGENOG FAKTORA

Čovek se, kao geološka sila, pojavio relativno skoro. Ipak, vrlo kratko geološko vreme nije mu smetalo da destruktivno deluje i mnogo šta izmeni kako u biosferi, tako i litosferi. Uspeo je da, između ostalog, izvadi i preradi rude obojenih i retkih metala, neophodnih industriji, a i da ogromne mase jedinjenja kalijuma, fosfora i pratećih elemenata raseje po poljima Zemljine kugle. Antropogena preraspodela materije litosfere, hidrosfere i atmosfere nosila je, međutim, sve negativnije posledice (M. Komatina, 2004).

Podsetimo se činjenice da je život milijardama godina izbegavao čitav niz elemenata sa toksičnim i kancerogenim svojstvima, da bi u današnje vreme ti elementi već zagadili značajan deo geološke sredine, nagomilali se u poljoprivrednom zemljištu, podzemnim vodama, biljkama, u količinama koje mestimično prevazilaze na desetine, stotine i hiljade puta maksimalne dozvoljene koncentracije. Uz to, u blizini krupnih industrijskih i rudarskih centara, termoelektrana, nastala su svojevrsna antropogena (sekundarna) ležišta hemijskih elemenata, u odnosu na koja ne možemo biti indiferentni.

Posledice čovekove aktivnosti po geološku sredinu (ambijent) su, ne samo geochemijski posmatrano, višestruke. M. Babović (1992) razlikuje promene u vezi sa *destrukcijom, transportom, akumulacijom i litifikacijom*. U *destrukciji* geološke sredine čovek učestvuje: kopanjem, građenjem raznovrsnih objekata, upuštanjem raznih fluida, svesnim intervencijama (obrada poljoprivrednog zemljišta i sl.). *Transportom* stenskih masa, čovek menja prirodni reljef i pospešuje padinske procese (klijenje, odronjavanje). Izmene geološkog ambijenta veštačkim *akumuliranjem* poprimaju značajne razmere u rejonima sa hidrotehničkim regulacijama, obeležavajući akumulacije novodeponovanim sedimentima. Na primer, u prostranoj Đerdapskoj akumulaciji, u poslednje tri decenije, brzina taloženja sedimenta iznosi-

la je u proseku oko 1 m godišnje. Sediment je sa veoma visokim koncentracijama toksičnih elemenata.

Date osnovne grupe antropogenih promena geološke sredine dešavaju se u sklopu određenih privrednih delatnosti, kao što su: poljoprivreda i šumarstvo, industrija, građevinarstvo i rudarstvo.

Geoхемијске промене полјопривредног земљишта су, са станичишта заштите животне средине, најважније од свих његових промена. Значајне промене геолошке средине, уз то, деšавају се уништавањем шума и остale vegetације. Процењује се да се само током човекове историје површина под шумама на нашој планети смањила за две трећине. То је имало за последицу, између остalog, несметан развој ерозионих процеса, уништавање земљишног покриваčа и сирење пустинја. Ерозија земљишта довела је до потпуног губљења плодности више од половине свих оранica света. Само између 1960. и 1970. године, у појасу јужне Сахаре, у пустинје је претворено око 6 милиона km² плодног земљишта.

Димензије деструкције илуструјмо и уделом *žutih kiša (snega)* на врло удаљеним просторима severa Evrope. Само у једној епизоди *žutog snega* на Skadinavsko полуострво јепало око 50000 t прашине подигнуте пењачним олујама у Сахари. У периоду 1989–1990. године, на Норвеšким фосским станицама су уочене pojаве повишенih концентрација teških metala u epizodama kada su vazduшне масе стизале из severne Afrike. Posledica je bila milion žrtava i približno toliko invalida, sve zbog nezdrave ishrane.

Antropogena delatnost svakim danom представља све важнији фактор nastanka i razvića klizišta i svih drugih egzogenih гeoloških процеса. Delatnost чoveka ne само да menja lik земљине površine, nego i unosi tako значајне промене u горњем delu Zemljine kore, које по razmerama i posledicama možemo poređivati sa гeološkim procesima. Poznata je значајnija aktivizacija klizišta i odrona pri izgradnji i eksploataciji krupnih akumulacija, zatim kod izgradnje saobraćajnica, па и другih vidova građevinske delatnosti.

Kod površinske eksploatacije mineralnih sirovina, prisutni су видови нarušавања слични onima код građevinske delatnosti (огромни kopovi na ležištima uglja i bakra, подземне просторије, i dr). Поменимо исчрпивост гeološkog blaga, као један од најважнијих проблема са којим се suočава чovečanstvo. Колапс гeoloških energetskih potencijala могао би изазвати велики лом u trendovima razvoja чovečanstva. Ono што доиста може бити погубно по ljudski rod jeste загађenje pitke воде i деградација полјопривредног земљишта.

Obezvredjivanje гeološkog blaga urbanizацијом вероватно је mnogo чешће него што се то зна, jer se rude скривене насељем дочније teško откривају. Поменимо, на kraju, deponije komunalнog i industrijskog otpada, којима је гeološka средина већ умногоме деградирана.

2. VEŠTAČKA FIZIČKA POLJA - RIZICI I POZITIVNI UTICAJI

2.1. Veštačka (antropogena) elektromagnetna polja.

Za razliku od prirodnih elektromagnetskih polja različitih frekvencija, ponašanja i intenziteta, ekstraterestrijalnog porekla, u kojima su nastala sva živa bića potpuno im se prilagodivši, veštačka polja su više koherencije i nivoa energije, stabilnije frekvencije i trajanja, pa time intenzivnije utiču na biosferu. Prema frekvenciji, elektromagnetna polja se dele na elektromagnetna (ako je frekvencija veća od industrijske - 50 Hz u Evropi ili 60 Hz u SAD), ili električna i magnetna (ako je frekvencija manja od navedenih vrednosti).

Najčešće se razmatra uticaj radio- i TV- predajnika. Deca su mnogo osetljivija na pojačana elektromagnetna (EM) zračenja, pa su razdražljiva, plaču i imaju potrebu da pobegnu sa mesta na kojem se nalaze. Merenjem je utvrđeno da konj, pas i čovek negativno reaguju na mesta sa pojačanim zračenjem, dok mačke, pčele i ose upravo biraju ovakva mesta. Osetljivost organizama na dejstvo jakih polja objašnjava se prisustvom elementarnog magnetita (Fe_3O_4) u njima. Svaka živa ćelija ima svoje EM frekvence, pa ljudski mozak vibrira na istoj frekvenciji kao i Zemlja. To je razlog što sva živa bića različito reaguju na EM zračenja. Rezultat štetnog dejstva se ispoljava skupljanjem krvnih sudova i većom kiselošću tkiva, što pogoduje prodoru teških metala i mikroba. Teški metali tako privlače EM talase, tako da posle perioda od nekoliko godina dolazi do promene u genskoj strukturi ćelija, a time i do pojave hronične ili maligne bolesti. Iako se organizam bori da ponovo uspostavi prvobitnu ravnotežu u ćelijama, vremenom mehanizmi odbrane popuštaju i čovek oboljeva (Komatina M, 2001).

Kao posledica, javljaju se: pojačana smrtnost od kancera, ali i bolesti nervnog, reproduktivnog i kardiovaskularnog sistema (tahiaritmije i pad arterijske tenzije, praćene smanjenjem voltaže QRS kompleksa na EKG - u, venski zastoj u unutrašnjim organima, smanjenje holinesteraze u serumu i povećanje histamina), promene u sastavu krvi, što dalje izaziva glavobolje, znojenje, iscrpljenost, nesanici, vrtoglavice, poremećaje pamćenja, sna i libida, bolove u mišićima, astmu, učestale strukturne hromozomske aberacije (prenos mutacija na potomstvo), itd. Takođe, kod zaposlenih na održavanju telekomunikacionih sistema i radara, dolazi do pojave *mikrotalasnog sindroma* (kod 60% glavobolje, napetost i bolovi u kičmi, kod 40% konjunktivitis i umor). Ovde se mora pomenuti da se veštačka polja koriste u medicini za terapeutске i dijagnostičke svrhe (elektro - stimulacija mozga, srca ili mišića, kao i razaranje tumora u onkologiji).

Veštačka električna polja su povezana sa:

- *elektrostatickim poljima* - imaju, slično prirodnim poljima, *negativan* (nepovoljan), *pozitivan* (povoljan) ili *neutralan uticaj na organizme*. Idealan odnos u stambenom prostoru je 60% negativnih (to su, većinom, joni kiseonika) i 40% pozitivnih jona. Tako, sintetička vlakna u tekstilnoj industriji dove do nastanka intenzivnih elektrostatičkih polja, što se odražava kroz depresiju i zamor radnika, ali i promenu krvnog pritiska. Na sadržaj jona utiču i veštački materijali koji se koriste u građevinarstvu (sintetičke boje i lakovи, veštačke podne obloge, zidne tapete, itd.). Ovi materijali apsorbuju negativne jone, naelektrišu se i stvaraju veštačka polja sa pretežno pozitivnim jonima. Kao posledica, dolazi do potpunog slabljenja imuniteta organizma;
- *dalekovodima* - dolazi do pojave tzv. *elektromagnetnog smoga*, čiji se uticaj ne sme zanemariti (poremećaji centralnog nervnog sistema, nesanica, malaksalost, promene pulsa i krvnog pritiska, itd.). Dok se u neposrednoj blizini električnih generatora, elektromotora, transformatora i distributivne mreže javljaju polja od preko 1000 V/m, polja kućnih instalacija se nalaze u opsegu 10-100 V/m.

Veštačka magnetna polja su izazvana industrijskom delatnošću. Za razliku od električnog polja, magnetno polje lako prodire kroz zidove kuća, skoro sve metale, ali i kroz tkiva i ljudsko telo. Zadatak geofizike je da utvrdi postojanje i karakteristike takvih polja, na osnovu čega je moguće ustanoviti vezu između smrtnosti stanovništva i veštačkih polja (Komatina-Petrović S., 2011). Prema standardima zemalja Istočne Evrope, telo ili glava čoveka smeju biti izloženi magnetnom polju intenziteta 0.03 T i gradijenta 0.05-0.2 T/m, grudi i ruke - polju intenziteta 0.07 T i gradijenta 0.1-0.2 T/m. Upotreboom uređaja u domaćinstvu, javljaju se polja u opsegu 0.2-0.4 mT.

Takođe je ustanovljeno da veštačko polje terestrijalnog porekla frekvencije $f = 0.01 - 5 \text{ Hz}$ izaziva povećanje frekvencije pulsa i promene psiho - fizioloških uslova čoveka (malaksalost, pre svega), dok magnetno polje frekvencije $f = 0.2 \text{ Hz}$ i promenljivog intenziteta (5×10^5 do $1 \times 10^6 \text{ nT}$) utiče na povećanje vremena reagovanja vozača. Treba pomenuti i podatak da kod mobilnih telefona, dubina prodora zračenja u ljudsko telo iznosi 10-100 mm, dok kod radarskih uređaja (čija je frekvencija čak 10 gigaherca), prodor je samo 1mm.

Ovde je interesantno istaći da se u poslednjih desetak godina intenzivno vrše eksperimenti, pri kojima se veštački stvorena vertikalna komponenta geomagnetskog polja koristi za brže klijanje semena raznih žitarica i njihovog boljeg prinosa.

Po N. Trifunoviću (2011), uzročnik nastanka malignih oboljenja, infarkta miokarda i moždanog udara - šloga je anomaljski priraštaj magnetno - elektromagnetskog (M - EM) polja (to je zbir prirodnog Zemljinog magnetnog polja i veštačkog magnetnog polja - indukovanih i remanentnih magnetizacija) u stambenim i radnim prostorijama. Veća učestalost pojave kancera u industrijski razvijenim zemljama i urbanim sredinama objašnjava se uticajem elektrifikacije i automatizacije u zatvorenom prostoru (u kome čovek provodi najveći deo vremena) na znatno uvećanje normalne vrednosti M - EM polja. Samim tim, anomaljski priraštaji ovih polja su uzročnik nagomilavanja elektrofila u tumorskom tkivu (razne supstance koje postoje u neoplazmama, a u medicini su poznate kao hemijski faktori rizika, su elektrofilii povećane jonske provodnosti), ali i izazivač nastanka kancera, pri čemu je magnetno polje anomaljskih intenziteta sredina pogodna za razvoj neoplazmi.

Veštačko jonizujuće zračenje izaziva kožni eritem i dermatit, atrofiju kožnih žlezda, hiperkeratoze i tumore (Komatina-Petrović S., 2011).

Veštačko nejonizujuće zračenje potiče od različitih tehnoloških izvora.

Ultraljubičasto (UV) zračenje dopire iz lampi sa plemenitim gasovima i hidrogenских lampi, halogenih i fluorescentnih lampi i lasera. Njemu su najviše izloženi: zavarivači, fizioterapeuti, kozmetičari (uključujući i one koji rade sa kvarc - lampama), štampari, laboratorijsko i medicinsko osoblje, itd. Posledice prekomernog izlaganja ovom vidu zračenja već su prikazane u delu o prirodnom UV zračenju.

Infracrveno (IC) zračenje emituju zagrejani i usijani izvori (industrijske peći, aparati za gasno zavarivanje, grejači, gorionici), izvori sa električnim pražnjenjem (lučne lampe i elektrolučno zavarivanje) i laseri. IC zračenju su najviše izloženi: radnici pored visokih peći, na proizvodnji stakla, u proizvodnji hartije i celuloze, kao i u tekstilnoj, drvnoj i hemijskoj industriji. Takođe su u znatnoj meri ugroženi i fizioterapeuti. Posledice štetnog dejstva opisane su u delu o prirodnom IC zračenju.

Radiofrekventno (RF) zračenje potiče od uređaja vezanih za život savremenog čoveka (TV, radio-difuzija, radari, radio-navigacija, radio-telemetrija, itd.), koji se primenjuju i u industriji, medicini, naučno - istraživačkom radu, itd. Zato su najviše ugrožene osobe angažovane oko industrijskih RF grejača, industrijskih mikrotalasnih peći (MT) i uređaja za mikrotalasnu i kratkotalasnu (KT) dijatermiju u medicini. Štetno dejstvo se registruje u vidu zagrevajućeg efekta, kada dolazi do povećanja telesne temperature i akutne hipertermije ili opeketinje. Najosetljiviji su organi sa slabom cirkulacijom i slabijim lokalnim termoregulacionim mehanizmima (očno sočivo, testisi itd.). Pored termičkih, javljaju se i netermički efekti: dejstvo na CNS, promene na EEG-u, promene u sintezi i transdukciji DNA, kao i izmenjeni protok Ca - jona iz ćelija mozga.

Elektromagnetna polja ekstremno niskih frekvencija (ELF) stvaraju se oko nadzemnih i podzemnih vodova visokog napona (preko 35 kV), uređaja i postrojenja visokog napona, industrijskih električnih mašina i postrojenja, električnih aparata u medicini, domaćinstvima i naučno - istraživačkom radu, itd. Njima su izloženi radnici koji rade na popravci i održavanju dalekovoda, u podstanicama, pored indukcionih peći za topljenje metala, kao i radnici pored velikih elektromotora i na održavanju transformatora. Ugroženi su i monteri i električari, koji rade na održavanju srednje i niskonaponske mreže, radio i TT monteri, elektroinženjeri, itd.

Stanovništvo je izloženo električnim i magnetnim poljima mrežnih frekvencija, nastalih u blizini transformatora ili električne mreže u kućama, ali i od kućnih električnih aparata i svetlosnih izvora. Naročito su ugroženi oni koji žive u blizini trafostanica, dalekovoda i elektroenergetskih postrojenja. Posledice štetnog delovanja ELF zračenja su: kancerogeneza, izmenjena reproduktivna sposobnost (i poremećaji u trudnoći) i pojava neurobihevioralnih smetnji (električna hipersenzitivnost). Po nekim autorima, pri izlaganju ovakvom zračenju, moguća je pojava tumora mozga (neuroblastom), leukemija i karcinom dojke.

2.2. Veštačka radioaktivna polja

Nakon što je, šezdesetih godina prošlog veka, u Americi ustanovljena povećana koncentracija radona u stanovima izgrađenim od građevinskog materijala napravljenog od otpada iz uranskih rudnika, kao i u zgradama sagrađenim u blizini otpada sa povećanom radioaktivnošću, započeto je istraživanje o koncentraciji radona u zatvorenim prostorijama i njegovom štetnom dejstvu na čovekovo zdravlje - Tabela 20. Utvrđeno je da je jačina apsorbovane doze gama zračenja u zatvorenom prostoru u proseku dvostruko veća nego na otvorenom. Takođe, da je zračenje intenzivnije u zonama sa hladnjom klimom. Na njegovo slabljenje utiču: kiša, snežni po-krivač i povиšeni atmosferski pritisak. Noću je koncentracija radona dvostruko veća nego danju, pri čemu se minimum postiže u podne (Komatina M., Komatina-Petrović S., 2011).

Organ čovečjeg tela	Profesionalni radnici		Građani
	Kvartalno	Godišnje	Godišnje
Celo telo ozraчено, polne žlezde, koštana srž	30	50	5
Koža, kosti, tiroidna žlezda	150	300	30
Ruke, noge, kolena	400	750	75
Ostali organi, tkiva	80	150	15

Tabela 20. Koncentracija radona u zatvorenim prostorijama i njihovo štetno dejstvo na čovekovo zdravlje (Komatina-Petrović S., 2011).

Osnovni izvori radona u zatvorenim prostorijama su: zemljište ispod i oko zgrade, materijal od koga je kuća napravljena i voda koja se koristi u domaćinstvu. U Tabeli 21, prikazane su vrednosti specifične aktivnosti Ra_{226} , Th_{232} i K_{40} u različitim vrstama specijalno pripremljenih uzoraka standardnog građevinskog materijala (Žunić S.Z. i dr., 2014).

Vrsta i broj uzoraka		minimalna aktivnost	srednja aktivnost	maksimalna aktivnost
Ra₂₂₆				
Blok	6	29.0	50.7	125
Cement	14	6.3	53.2	119
Cigla	17	8.5	48.0	167
Gips	11	9.1	278	
Granit	83		64.4	213
Kamen	26		44.2	236
Kreč	11		8.3	17.2
Mermer	26		44.7	299
Pepeo + Šljaka	6	62.2	194	323
Pesak	10	6.8	12.8	25.7
Šljunak	6	7.6	10.8	21.3
Th₂₃₂				
Blok	6	9.9	40.2	59.1
Cement	14	1.4	22.6	41.1
Cigla	17	8.9	62.0	163
Gips	11		13.9	25.6
Granit	83		112	432
Kamen	26		56.6	306
Kreč	11		1.2	3.8
Mermer	26		63.0	297
Pepeo + Šljaka	16		53.2	118
Pesak	10	6.2	14.9	24.1
Šljunak	6	8.6	13.0	18.6
K₄₀				
Blok	6	83	411	632
Cement	14	24.9	209	438
Cigla	17	100	650	903
Gips	11		10.7	27.6
Granit	83	1.3	1058	2067
Kamen	26	6.1	746	1616
Kreč	11		11.4	28.8
Mermer	26		868	1620
Pepeo + Šljaka	16	54.3	284	416
Pesak	10	100	308	515
Šljunak	6	100	259	421

Tabela 21. Minimalne, srednje i maksimalne vrednosti specifične aktivnosti Ra₂₂₆, Th₂₃₂ i K₄₀ u različitim vrstama uzoraka građevinskih materijala (Komatina-Petrović S., 2011).

2.3. Veštačka seizmička polja

Veštačka seizmička polja nastaju usled hemijskih i nuklearnih eksplozija, rudarske aktivnosti, ali i seizmičkih istraživanja. Manifestacije su iste kao pri pojavi slabijih zemljotresa, a njima se već odavno bavi inženjerska geofizika. Poznate su pojave potresa veštačkog porekla izazvanih izgradnjom hidrotehničkih objekata (na primer, brana Kariba u Centralnoj Africi), hemijskim akcidentima velikih razmera i nuklearnim eksplozijama, rudnom delatnošću ili seizmičkim istraživanjima.

Umesto **zaključka**, samo se još može napomenuti da je analizirana oblast najmlađa u oblasti *ekogeofizike* i da joj se počeo pridavati značaj tek poslednjih godina. Naravno, kako istovremeno mnogo brže jača disciplina poznata kao *održivo građevinarstvo*, suprotstavljujući se dosadašnjem građevinarstvu (odgovornom za znatne poremećaje u životnoj sredini, zbog upotrebe velikih površina zemljišta, potrošnje sirovina i energije, proizvodnje velikih količina otpadnih materija i degradacije prirodne sredine), dolazi se do zaključka da geofizika u ovoj oblasti može imati značajan doprinos (Komatina S., 2011). To, naravno, podrazumeva elastičniji (i odgovorniji) pristup rešavanju problema, ali i svest da u okviru borbe za održivi razvoj, *svaki zadatak predstavlja istovremeno izazov za stručnjake različitih disciplina*.

2.4. Zagadenje poljoprivrednog zemljišta

Zbog prisustva humina i glina, zemljište može da vezuje vrlo visoke koncentracije štetnih materija, odnosno elemenata. Sama raspodela elemenata, iako nehomogena, određena je u prvom redu jonoizmenjivačkim osobinama zemljišta, zatim adsorpcionim svojstvima i prisustvom samostalnih jedinjenja pojedinih štetnih sastojaka. Transport štetnih materija kroz zemljište uglavnom vrši voda, delimično vazdušne struje (vetrovi), koje nanose sa sobom prašinu ili aerosole obogaćene tim materijama.

Zemljište poseduje sposobnost biološkog samoprečiščavanja: u zemljištu dolazi do razlaganja palog otpada i njegove mineralizacije; na kraju krajeva, na svoj račun zemljište kompenzira izgubljene mineralne materije. Ukoliko zbog preopterećenosti zemljišta bude izgubljena ma koja od komponenata važna za odvijanje procesa mineralizacije, neizbežno dolazi do narušavanja mehanizma samoprečiščavanja i njegove potpune degradacije. I obrnuto, stvaranje optimalnih uslova za samoprečiščavanje zemljišta pogoduje očuvanju ekološke ravnoteže i uslova za egzistenciju svih živih organizama, uključujući čoveka.

Intenzivna proizvodnja hrane, pak, zahteva da se biljke štite od niza štetočina, bolesti i korova. Zbog toga se danas korišćenje poljoprivrednog zemljišta gotovo ne može zamisliti bez upotrebe *pesticida* (insekticidi, fungicidi, herbicidi i sl.), sastojaka toksičnih čak i u malim dozama (opiti su pokazali kancerogene efekte i kod pojedinih vrsta pesticida). U procesu hemizacije poljoprivrede, široku primenu zadobili su herbicidi, pa im se proizvodnja osetno povećala u čitavom svetu. Čovek ih je upotrebio čak i u svojstvu biološkog oružja. Naime, tokom jedne od svojih agresija - agresije protiv Vijetnama, Amerikanci su „uspeli” da pomoću herbicida u

potpunosti unište bogatu vegetaciju i životinjski svet prostranih područja vijetnamske džungle, kontaminiraju im zemljište i ugroze samog čoveka. Ekološke posledice jedne nepromišljene čovekove delatnosti su bile kobne, sa dugotrajnim negativnim efektima.

Zagađivanje životnih namirnica pesticidima predstavlja vrlo prisutan problem. U literaturi je opisano blizu tri hiljade slučajeva neprofesionalnog trovanja nastalih posle upotrebe biljaka obrađenih organohlornim i organofosformnim preparatima, kao i onima na bazi arsena i žive. Među preparatima na bazi žive, namenjenim zaštiti semena, široko je primenjen fungicid. Ovim pesticidom, krajem 1971. i početkom 1972., izazvano je trovanje velikih razmara u Iraku, kada je otrovano 6530, a umrlo 459 osoba. Klinička slika ovog trovanja, izazванog semenskom pšenicom zaštićenom organoživinim fungicidom, uvezrenom iz Meksika, karakterisala se sledećim simptomima: parestezija, ataksija, sniženje koordinacije, narušavanje vida sve do slepila, dizartrija, narušanje sluha. Slično masovno trovanje odigralo se na državnoj farmi u Gani, maja 1967. godine.

Ispitivanja su pokazala da najtoksičnija i najopasnija ekološka svojstva među pesticidima imaju takvi poznati otrovi kakav je DDT, tifios i drugi organohlorni pesticidi. Insekticidna svojstva DDT otkrivena su pred Drugi svetski rat, pa je od tada za sledeće dve decenije na poljima, u šumama (čak i u stambenim prostorijama), širom sveta bila iskorišćena kolosalna količina (oko 4.5 miliona tona) ovog veoma toksičnog jedinjenja. Kako poseduje izvanrednu postojanost i neverovatnu migracionu sposobnost, DDT je konstatovan na velikim prostorima biosfere, u organizmima pingvina na Antarktiku, zatim bajkalskih tuljana, čak i u majčinom mleku. Poznata je odlika DDT da se akumulira u organizmu čoveka u masnom tkivu, gde deluje kao kancerogeni agens.

Dubrivo, koje se unosi u poljoprivredno zemljište, ima u sebi sledeća četiri štetna sastojka: jedinjenja azota (nitrati, nitriti, amonijak, organski azot), sulfata, hlorida i fosfata. Uz nabrojane sastojke, u đubrivima su zastupljeni teški metali. U poslednjih četvrt veka, u većini poljoprivrednih rejona zapaža se konstantno uvećanje nitrata, kako u zemljištu, tako i podzemnoj vodi. To je, na primer, slučaj sa skoro čitavom severozapadnom i zapadnom Francuskom. Nitrati su, inače, nepoželjni u hrani i vodi za piće, pošto izazivaju pad nivoa hemoglobina u krvi, što se javlja smrtonosnim za potomstvo. Pogoduju, takođe, obrazovanju kancerogenih nitrozoamina, predstavljajući tako opasnost za žive organizme na svim stadijumima razvića. Fosfati iz đubriva vezuju razne mikroelemente, pa se u zemljišta može uneti i uran, kao jedan od najnepoželjnijih zagađivača.

Mada u većini poljoprivrednih zemljišta nivo *teških metala* još uvek nije tako visok da prouzrokuje akutne probleme toksičnosti, u pojedinim regionima njihovo povećano prisustvo se češće odražavalо kroz masovnija trovanja populacija. Teški metali se unose u poljoprivredno zemljište na neki od sledećih načina: (1) hemijskim zaštitnim sredstvima; (2) primenom đubriva; (3) navodnjavanjem otpadnim vodama (industrijske, kanalizacione i vode sa stočarskih farmi) i (4) emisijom iz vazduha. Vremenom se problem zagađenja zemljišta hemijskim elementima sve više nametao. Misli se, pre svega, na ekološki opasne elemente, sposobne da se nakupljaju u organizmima i izazovu određene posledice, kakvi su: živa, arsen, kadmiјum, olovo, hrom, nikl, cink, takođe i antimон, fluor, stroncijum i neki drugi. Zbog sposobnosti nakupljanja u organizmu, toksičnost teških metala izražena je čak i u slabim dozama. Arsen, na primer, nagomilavajući se u čovečjem organizmu, može

proizvesti kancerogeni efekat na kožu. Živa, pak, izaziva narušavanje želudačno - crevnog trakta, nervna rastrojstva, oštećenja bubrega.

2.5. Zagađenje vode

Zagađenje vode je pogoršanje njenog kvaliteta pod uticajem hemijskih sastojaka, toplove ili bakterija do takvog stepena da utiče nepovoljno (mada uvek ne mora da stvara pretnju za čovekovo zdravlje) na korišćenje vode u svakodnevnom životu, za poljoprivredne ili komunalne svrhe, ili u industriji. Zagađenju su predisponeirane u prvom redu površinske vode, kao i podzemne vode plitkih horizonata. Te vode su direktno podvrgnute nepovoljnim uticajima raznovrsnih antropogenih faktora, pre svega otpadnim i atmosferskim vodama. Zbog toga je naročito izraženo pitanje njihove zaštite (M. Komatina, 1990).

Razlozi za zagađivanje voda nalaze se u intenzivnoj urbanizaciji i industrializaciji, koje karakterišu poslednja dva veka razvoja ljudskog društva. U osnovne zagađivače spadaju: industrijske i komunalne otpadne vode, zagađivači vezani za poljoprivrednu proizvodnju, zagađivači u područjima sa rudarskim radovima, zagađivanje naftom i naftnim proizvodima.

Među svim grupama zagađivača, vodeću ulogu svakako imaju *industrijske otpadne vode*, pre svega zbog velike količine tih voda i visokog sadržaja toksičnih komponenata u njima. Otpaci takvih metala kao što su olovo, živa, kadmijum, vanadijum, nikal, cink, kobalt, molibden, mangan, itd, dospevši u vodu čak i u beznačajnim količinama, postaju toksični. Aktivni joni jedinjenja tih elemenata mogu prouzrokovati ozbiljne štete po zdravlje stanovništva koje koristi vodu za piće. U SAD, na primer, registrovano je preko 100 hiljada sektora na kojima se na površini zemlje odlazu industrijske i komunalne vode, a 50 hiljada registrovanih deponija je sa hemijskim otpadom sa toksičnim materijama, s tim što je 75% takvih deponija raspodeljeno u delu zemlje sa važnim vodnim resursima. Industrijske otpadne vode su bogate raznim neorganskim i organskim jedinjenjima, a mogu sadržati radioaktivne materije ili biti tople. Mnoge su visokotoksične i visokomineralizovane. Praksa pokazuje da u slučaju većih basena za odlaganje, oreol rasejanja materija zagađivača u podzemnoj vodi može iznositi na desetine kvadratnih kilometara.

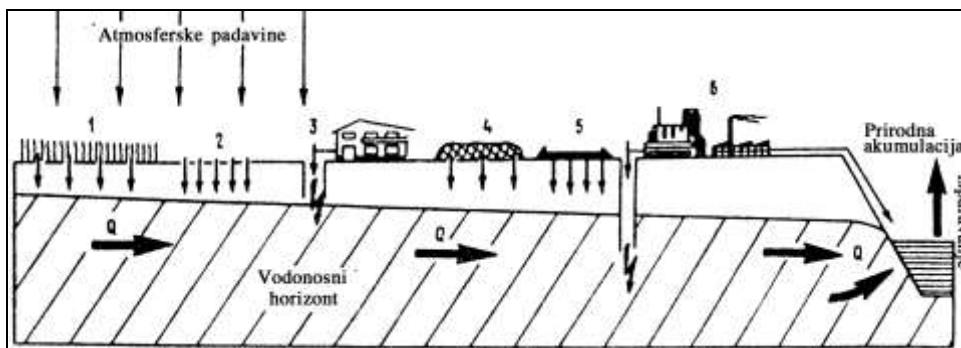
Jedan od osnovnih vidova otpada gradskih aglomeracija predstavljaju fekalije, markirane komponentama - zagađivačima, kao što su različiti mikroorganizmi, azotna jedinjenja, organske kiseline, hloridi i dr. Ipak, glavnu karakteristiku *komunalnih otpadnih voda* čine bakteriološki zagađivači.

Zagađivanje voda u poljoprivrednim rejonima uslovljeno je pesticidima, đubrивima, oticanjem sa stočnih farmi, otpadom iz fabrika za preradu živine i sl. (Sl.89). Naročito opasno je zagađivanje izazvano pesticidima, zatim nitratima i teškim metalima iz sastava đubriva. Potencijalni zagađivač podzemnih voda na meliorisanim teritorijama predstavljen je mineralizovanim vodama.

Eksplotacija velikih *ležišta mineralnih sirovina* često dovodi do pogoršanja kvaliteta voda na širim prostorima oko rudarskih radova i površinskih kopova. Pri odvodnjavanju ležišta, evakuišu se velike količine voda, čime se narušava režim podzemnih voda i hidrohemidska ravnoteža.

Velika žarišta *zagađivanja naftom i naftnim proizvodima* vezana su za rezone sa eksplotacijom i preradom nafte. Procenjuje se da ukupni gubici date tečne energetske sirovine čine oko 2% od svetske proizvodnje, što predstavlja ozbiljnu

pretnju podzemnim i površinskim vodama. Problem se komplikuje katastrofama pri transportu nafte, kakva se, na primer, dogodila 1967. godine, kada je iz tankera *Torrey Canon* u more iscurilo oko 100 hiljada tona nafte, potpuno kontaminiravši plaže engleske obale i Normandije i uništivši riblji svet. Da ne pominjemo još veće udare na zdravlje ljudi i prirodnu sredinu prouzrokovane bombardovanjem rafinerija nafte i petrohemijskih postrojenja u Srbiji od strane SAD i zapadnoevropskih saveznika tokom proleća 1999. godine (Komatina M., 2011).



Sl.89. Izvori zagadženja podzemnih voda uslovljenih poljoprivrednom delatnošću.
đubriva i pesticidi: 1. kod navodnjavanja; 2. pri đubrenju nezasejanog polja; otpadne
vode; 3. komunalne vode ; 4. industrijske vode; 5. tvrdi otpadi; 6. tečni.

Nabrojani zagadživači izazivaju sledeće *osnovne vidove zagađivanja voda*: hemijsko (neorgansko i organsko), ugljovodonično, biološko (bakteriološko), radioaktivno i toplotno. *Hemijsko zagađivanje* vode vezano je pretežno za industrijske otpadne vode, izlivanje tehnoloških rastvora, hemizaciju poljoprivrede, i dr. Tako zagađene vode mogu imati visok sadržaj teških metala, aromatičnih ugljovodonika, fenola, deterdženata, cijanida, sulfata, hlorida, fosfata i dr. *Ugljovodonično zagađivanje* odlikuje se povećanim sadržajem naftnih ugljovodonika različitog sastava, veoma toksičnih, čim im sadržaj pređe granicu pojave mirisa i ukusa. *Biološko (bakteriološko) zagađivanje* izazivaju raznovrsni organizmi - virusi, bakterije, alge, i dr. Najopasnije posledice (epidemije) izazivaju patogene bakterije i virusi (patogene bakterije prenute vodom predstavljaju jedan od glavnih uzroka bolesti i smrti u velikom broju zemalja, posebno zemalja u razvoju). *Radioaktivno zagađivanje* odvija se preko urana, radijuma, stroncijuma, cezijuma, tricijuma i nekih drugih radioaktivnih elemenata, dospelih u atmosferu i na površinu zemlje nakon nuklearnih proba ili preko određenog industrijskog otpada. *Toplotno (termalno) zagađivanje* izražava se kroz promenu temperature pod uticajem tehnogenih faktora, na primer - pri evakuaciji vode iz termoelektrana.

Sa stanovišta uticaja, od značaja je da li je uneto zagađenje:

- *biorazgradljivo*,
- *biorezistentno*,
- *toksično*.

Kada dospe u vodu, *biorazgradljivo zagađenje* biva podvrgnuto intenzivnim procesima biološke razgradnje, pri čemu je najintenzivnije delovanje mikroorganizama. *Biorezistentno zagađenje* predstavlja manji problem ako je biološki neaktivno, a inertni neorganski materijal formira mulj koji je pogodna sredina za stvaranje bentosa i razvoj bioloških procesa u njemu. *Toksično zagađenje* neorganske (teški metali) ili organske prirode (pesticidi i dr.) predstavlja najštetniju vrstu biorezistentnog zagađenja.

Procena rizika po zdravlje od štetnih i opasnih hemijskih supstanci prisutnih u vodi za piće najčešće se definiše kao stepen verovatnoće da će se pojaviti negativni efekat na zdravlje nakon izloženosti tim materijama. U zavisnosti od efekta na zdravlje, hemijske zagađujuće supstance su podeljene na:

- *toksične (akutne i hronične),*
- *kancerogene,*
- *teratogene, i*
- *mutagene.*

Najveći deo metaboličkih procesa se odvija u jetri, delimično u slezini i bubrežima, a većina toksičnih supstanci se deponuje u kostima.

Kada je reč o transportu i interakcijama mikroelemenata, posebno teških metala, najsloženije akvatične sisteme predstavljaju *rečni tokovi*. Koliko u tom pogledu može biti opterećena neka reka, uzmimo kao primer Rajnu iz sedamdesetih godina prošlog veka. Kao rezultat hemizacije poljoprivrede, u vode ove reke je godišnje unošeno oko 800 kg žive, 30 000 kg arsena, 900 kg herbicida. Sa otpadnim vodama industrijskih objekata na obalama reke, dospelo je 11 000 t cinka, 2000 t hroma, 1400 t bakra, 1850 t gvožđa, 500 t nikla, 2.2 miliona t sulfata, 400 hiljada tona nitrata, 1200 t hromne kiseline i 200 t kadmijuma. Plovidba je takođe doprinisala značajnom zagađenju reke, u koju je dospevalo oko 75 hiljada tona nafte i naftnih produkata.

U poređenju sa rečnom vodom, stepen zagađenja *podzemnih voda*, koje u mnogim oblastima predstavljaju isključivi izvor vode za piće, osetno je niži. Što je tako, najpre treba zahvaliti njihovoj boljoj prirodnoj zaštićenosti. Arteski vodonosni horizonti su, na primer, po pravilu dobro zaštićeni od izvora zagađenja, zato što su pokriveni debljom glinovitom povlatom. U slučaju aluvijalne sredine, pored mogućeg bočnog uticaja zagađenog površinskog toka, sektori sa tankom glinovitom povlatom mogu biti direktno ugroženi sa površine. Najosetljivija je, svakako karstna vodonosna sredina, pošto je rizik od infiltriranja zagađivača kroz ponore i karstne kolektore vrlo prisutan, a moć samoprečišćavanja zbog velike brzine podzemnih tokova osetno smanjena.

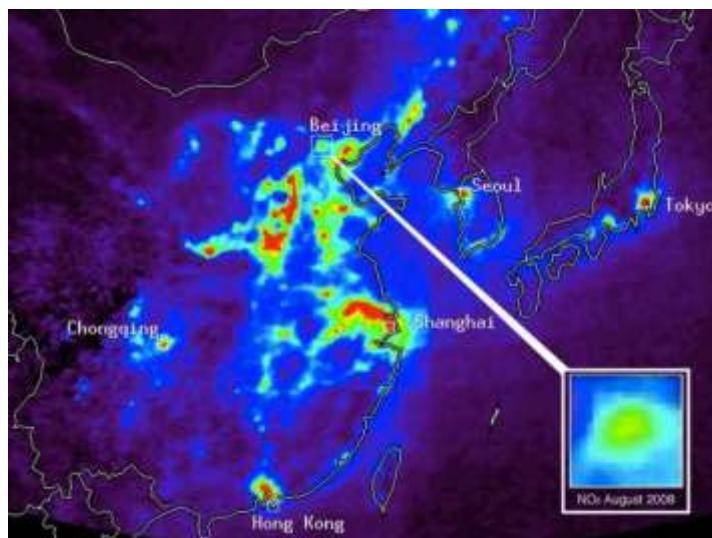
2.6. Zagađenje vazduha

Počev od vremena industrijske revolucije do danas, vazduh naseljenih punktova, industrijskih i rudarskih basena, po pravilu, sve se više razlikuje od vazduha prirodne sredine. Naime, u datim prostorima, vazdušni omotač sve više postaje deponija produkata sagorevanja svih vrsta ugljeva, nafte i njenih derivata i mnogobrojnih isparenja, sintetičkih i drugih jedinjenja. Po nekim podacima, za poslednjih 100 godina, uništeno je 240 milijardi tona *gasa života*, a u zamenu u atmosferu izbačeno 360 milijardi tona toksičnog ugljendioksida, oko 146 miliona tona sumpordioksida, 53 miliona tona oksida azota, 200-250 miliona tona prašine, 120 miliona tona pepela. Na taj način, već decenijama život u mnogim gradovima postaje sve manje snošljiv.

Podsetimo se smoga koji je od 5. do 9. decembra 1952. zahvatio London, kada su bolnice bile prepune usled disajnih i srčanih smetnji i bilo četiri hiljade smrtnih slučajeva, što nije bio i jedini slučaj u ovom gradu. Ili, Los Anđelesa, takođe *grada smoga*, u čijim su gradskim rejonima sa visokim sadržajem kancerogenog ugljovodonika, oboljenja raka pluća dostigla 40% (u ostalim rejonima grada - 20%). Kasnije se težište katastrofa izazvanih smogom prenestilo u gusto naseljene industrijske rejone Japana, gde su se katastrofalne situacije pojatile 1968. godine u Osaki, i 1970. godine u Tokiju.

Svima je poznata i inicijativa gradskih vlasti u Pekingu 2008. godine, da se ubrzano poboljša kvalitet vazduha, da bi Olimpijske igre, uopšte, mogle da se održe. Tokom dva meseca restrikcije saobraćaja u Pekingu, nivo NO_2 smanjio se za 50%, a nivo CO_2 - za 20% (Sl.90).

Preskačući globalne promene, biološki efekat zagađenog vazduha može biti lokalni ili regionalan. Pri *lokalnom dejstvu*, količina toksičnih sastojaka je takva da izaziva brzo lokalno oboljevanje disajnih puteva i pluća. Tako, na primer, januara 1972. godine, kod 817 žitelja Jokohame (Japan) pojavilo se opasno trovanje od SO_2 izbačenog iz industrijskog objekta. *Regionalni efekat* izražen je, na primer, na teritoriji Engleske, gde je smrtnost od hroničnog bronhitisa, koja je iznosila 30 hiljada u godini, premašivala smrtnost od tuberkuloze i raka pluća zajedno i bila deset puta veća nego u poljoprivrednim zemljama.



Sl.90. Satelitski snimak - kontrola zagađenja vazduha u vreme Olimpijskih igara u Pekingu, u letu 2008. godine.

Po podacima H. Heimann, samo u Njujorku, sagorevanjem 32 miliona tona uglja u godini, u vazduhu dospeva oko 1.5 miliona tona SO_2 . Posledica zagađenog vazduha je ne samo porast bronhitisa i drugih plućnih oboljenja, nego i srčanih oboljenja (Biološke posledice zagađenja su veoma primetne i kada je u pitanju biljni svet. Dokazano je da sam proces zagađenja, čak i u slučaju niskih koncentracija SO_2 , može dovesti do teških fizioloških promena kod biljaka). Pored pogubnog uticaja na rastinje, sumporoviti gas pokazuje rušilačko dejstvo na kamenja i betonska zdanja, kulturne i istorijske spomenike. Stepen zagađenja vazduha sumporvodoni-

kom je visok u dobrom delu gradova SAD i Evrope, a zagađenje vazduha sa SO₂ (*kisele kiše*) dovodi do povećanja kiselosti zemljišta.

Sa razvojem *metalurgije*, pojavio se niz problema u oblasti higijene vazduha. U procesu prerade rude, u vazduhu, u svojstvu sporednog produkta, dospeva prasina bogata česticama metala. Takva prasina, ne samo na račun njene količine nego i kvaliteta, može izazvati trajno pogoršanje zdravlja zbog njenog direktnog uticaja na organe disanja. U obojenoj metalurgiji, na primer, najveću opasnost predstavlja prasina iz topionica bakra, jer se pod uticajem vlage iz vazduha iz oslobođenih elemenata mogu obrazovati izvanredno otrovne isparljive supstance. Slično je i u predelima topionica olova i cinka.

Glavnina nepoželjnih sastojaka deluje na proces razmene materije. Deo sastojaka ulazi kroz pluća u krvotok i na taj način se uključuje u razmenu materije; drugi sastojci (glavnim delom jonizirajuća radijacija) uključuju se u razmenu materije, mimoilazeći pluća. Negativni efekat nastaje i tako što *kapa* prasine i dima nad gradom zadržava biološki najkorisnije ultravioletne zrake, što može dovesti do različitih narušavanja razmene i nastanka oboljenja (na primer, avitaminoza D). Toksične materije dospele kroz pluća i krvotok mogu izazvati bitnije poremećaje metabolizma, opasnije nego kada bi one bile unete u organizam sa hranom, zato što mimoilaze jetru, u kojoj se odvija početna detoksikacija.

U današnje vreme, u razvijenim zemljama, osnovni izvor štetnih emisija predstavlja *automobilski saobraćaj*. Ocenjeno je da je u SAD početkom osamdesetih godina prošlog veka u vazduhu dospevalo 94 miliona tona CO, od čega tri četvrтине na račun automobilskog saobraćaja. Ovo predstavlja naročitu opasnost za decu, kao i bolesnike, koji pate, na primer, od nedovoljne cirkulacije krvi u mozgu, ili su pretrpeli infarkt miokarda, kao i za lica koja pate od pojačane funkcije štitne žlezde i anemije. U izduvnim gasovima sadržana je sve značajnija količina kancerogenog 3-4 benzpirena. Time se objašnjava direktna relacija rasta oboljenja raka pluća među žiteljima velikih gradova i rasta automobilskog saobraćaja, dokazana od više istraživača. Od elemenata sadržanih u vazduhu, nastanku raka pluća kod muškaraca i bronhitisa kod lica oba pola doprinose molibden, arsen, cink, vanadijum i kadmiјum. U brojnim zemljama naročiti problem predstavlja velika koncentracija olova (iz benzina sa visokim oktanskim brojem), pa je utvrđen porast količine ovog metala u krvi vozača u gradskom saobraćaju do nivoa štetnog za zdravlje.

2.7. Veštačko radioaktivno zagađenje

Prve bolesti za koje se danas zna da su izazvane radioaktivnim zračenjem bile su bolesti pluća. Njih su prouzrokovali unutrašnji izvori zračenja, radioaktivni materijali koje su ljudi unosili udisanjem radioaktivne prasine. Naime, prema podacima iz 1500. godine, u jednom rudniku u Evropi je veći broj rudara umirao od neke, tada nepoznate, plućne bolesti. Početkom prošlog veka, zaključeno je da su oni umirali od raka na plućima; rak je bio izazvan zračenjem uranijuma i njegovih produkata raspada koje su rudari udisali vadeći rudu kobalta.

Moderno *atomsko* doba je, međutim, naglje markirano masovnom pojavi raznovrsnih antropogenih izvora zračenja. Pojavilo se nuklearno oružje, zatim nuklearna postrojenja, radioaktivni izotopi, nuklearne mašine u laboratorijama i klinici-

kama, samim tim i radijacioni akcidenti većih i manjih razmara, koji su sve više pogađali čoveka, životinje i biljke.

Kontaminacija životne sredine radioaktivnim materijalima postala je jedan od značajnih problema savremene civilizacije. Tehnološka revolucija, koja se ostvaruje primenom nuklearne energije u mirnodopske svrhe, bez obzira na ogroman napredak koji je u ovoj oblasti učinjen u pogledu zaštite životne sredine, neosporno vodi daljem povećanju radioaktivne kontaminacije biosfere. Opasnosti od primene nuklearnog oružja i opasnosti od akcidenata na nuklearnim postrojenjima daju ovom problemu još veći značaj.

Pojava veštačkih (proizvedenih) radionuklida u biosferi nastaje uglavnom na sledeća tri načina:

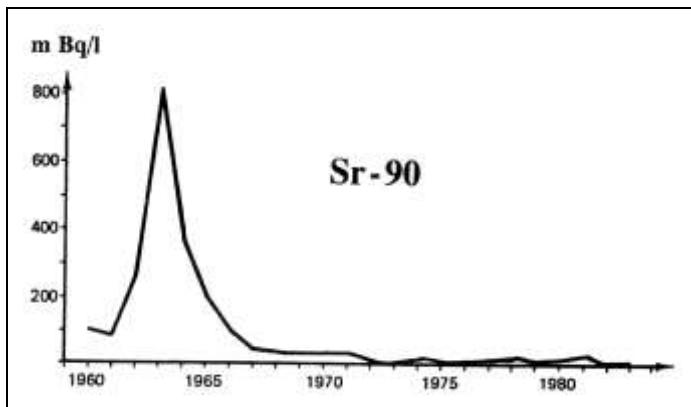
- kao posledica radioaktivnih padavina, posle nuklearnih eksperimentalnih eksplozija;
- kao posledica prodora radioaktivnih materija, usled havarije na nuklearnom reaktoru ili drugim nuklearnim postrojenjima;
- usled primene radioaktivnih izotopa u medicinske, tehnološke i druge svrhe.

Posmatrano sa radioekološkog stanovišta, najveći značaj se pridaje kontaminaciji biosfere *radioaktivnim padavinama*, pošto se prilikom nuklearnih eksplozija one značajnom brzinom šire na izuzetno velike prostore naše planete.

Prvo masovnije zagađenje atmosfere desilo se, na primer, 1945. godine, u vreme eksplozije atomske bombe u Hirošimi i Nagasakiju u Japanu, što je dovelo do masovne radijacione bolesti (sa opasnim ili hroničnim posledicama). Nuklearne eksperimentalne probe izvode se neprekidno od 1945. godine do današnjih dana. U periodu 1945-1983. godine, izvršeno je ukupno 1418 proba nuklearnog oružja, a kulminacija je bila 1961-1962. godine (Sl.91). Date probe osloboidle su i unele u biosferu ogromne količine fisionih produkata. Ipak, ideo radioaktivnih padavina u ukupnom zračenju populacija je smanjen posle 1962. godine, kada se skoro sasvim prestalo sa nuklearnim eksplozijama u atmosferi.

Koliki može biti *radijacioni rizik za stanovništvo* usled havarija na postrojenjima za mirnodopsko korišćenje nuklearne energije pokazuje nesreća nuklearne elektrane „Lenjin“ u Černobilju od 26. aprila 1986. godine. Pokazalo se da oslobođeni radionuklidi mogu zagaditi velika prostranstva, a posledica toga je i taloženje radionuklida kao što su J_{131} , Cs_{134} i Cs_{137} u biosferi (Prilikom rada jedne nuklearne elektrane, oko 99% radioaktivnog materijala, u obliku radioaktivnog otpada, ostaje u gorivnim elementima. Odlaganje tako nastalog otpada, ali i radioaktivnih izotopa, nastalih u laboratorijama i medicinskim ustanovama, predstavlja za sada teže rešiv problem). Do sada je širom sveta zabeležen veliki broj akcidenata na nuklearnim postrojenjima različitog stepena težine.

Od preko 200 radionuklida koji nastaju pri nuklearnoj fisiji, u biološki značajne radionuklide izdvajaju se Sr_{89} , Sr_{90} , Cs_{134} , Cs_{137} , Pu_{239} , Ru_{103} , Ru_{106} , Ba_{140} , J_{131} , Cs_{144} , Zn_{65} . Osvrnućemo se na radioaktivni stroncijum (Sr_{89} , Sr_{90}), radioaktivni cezijum (Cs_{134} , Cs_{137}), radionuklid jod (J_{131}) i radionuklid plutonijum Pu_{239} . Ti radioaktivni nisu postojali u prirodi pre atomskih proba. U poslednjih pola veka imaju posebnog udela u radioaktivnoj kontaminaciji namirnica biljnog i životinjskog porekla i vode za piće.



S1.91. Grafikon globalne distribucije Sr_{90} u atmosferi za period 1960-1985. godina (Komatina M., 2001).

1. Radionuklidi Sr_{89} i Sr_{90} imaju značajan fisioni prinos (oko 5.5%). Osnovna biološka specifičnost im je da se u organizmu ponašaju analogno kalcijumu, pa se joni Sr deponuju u koštanom sistemu. Pritom, kosti mlađih organizama vezuju 5-10 puta veću količinu Sr nego kosti odraslih osoba, zbog velike potrebe организма u kalcijumu u vreme rasta kostiju, što treba imati u vidu kod ishrane dece. Biološko vreme poluraspađa Sr-90 iznosi kod odraslog čoveka 1000 dana (sponzoza), odnosno 1500 dana (kompakta).
2. Za razliku od Cs_{134} , radionuklid Cs_{137} ima visok fisioni prinos (oko 6.2%) (S1.91). Osnovna biološka specifičnost ova dva radionuklida je u tome što se joni cezijuma u organizmu ponašaju analogno kalijumu, te se nalaze u svakoj ćeliji organizma. Biološko vreme poluraspađa Cs_{137} kod životinja iznosi 10-70 dana (zavisno od vrste životinje), a kod čoveka 10-110 dana (zavisno od starosti organizma).
3. Radionuklid J_{131} ima visok fisioni prinos (oko 7%). Dospeva u organizam čoveka i životinja pretežno preko zelene salate i povrća, radioaktivno kontaminiranih atmosferskim padavinama. Fizičko vreme poluraspađa J_{131} je osam dana, a kod odraslog čoveka iznosi 80-120 dana. Depozicija J_{131} u štitnoj žlezdi čoveka zavisi od starosti organizma, a najveća je kod novorođenčeta.
4. Među radionuklidima plutonijuma, u biosferi je najviše zastupljen Pu_{239} ; iako i on u relativno malim količinama. Ipak, kako ima veoma dugo fizičko (24 100 godina) i biološko (u skeletu čoveka 200 godina) vreme poluraspađa, biološki značaj ovog radionuklida je povećan. Zbog izrazito jakog kancerogenog delovanja, radionuklidi plutonijuma predstavljaju jednu od najvećih pretnji čovekovom opstanku na Zemlji.

Izučavanju biološkog dejstva ionizujućeg zračenja pristupilo se još prvih decenija prošlog veka, kada su konstatovani štetni uticaji na organizam čoveka. Interes za ovo proučavanje posebno je narastao naročito 50-tih godina tog veka, kada je započela mirnodopska primena nuklearne energije u različitim oblastima. Pokazalo se da je u vezi zagadženja biosfere Zemlje radioaktivnim materijama, veliki značaj zadobilo pitanje o nagomilavanju stroncijuma 90, cezijuma 137 i drugih novonastalih izotopa u različitim mineralima, vodama, zemljištu, biljnom i životinjskom svetu, kao o uzročniku niza bolesti čoveka. U svakom slučaju, za čoveka su posebno

opasni radionuklidi u prehrambenom lancu. Imamo u vidu fenomene koncentrisanja radionuklida u organizmima životinja, naročito pojedinim organima i tkivima (tokom 1988. godine, norveški istraživači su izmerili nivo aktivnosti Cs₁₃₇ u mesu jelena reda 90 000 Bq/kg. Jeleni su se hranili isključivo šumskim rastinjem i plodovima, znatno zagađenijim od obradivog zemljишta. Takođe se pokazalo da je u mesu ovih preživara iz naših krajeva aktivnost datog radionuklida neposredno posle havarije u Černobilu iznosila ispod 100 Bq/kg). Na primer, krava, jedući velike količine kontaminirane trave, koncentriše radionukide u štitnoj žlezdi ili u mleku; ili, ribe i školjke, propuštajući kroz telo velike količine kontaminirane vode, postižu sličan efekat.

Kao rezultat eksperimenata na životinjama i proučavanja posledica ozračivanja ljudi pri atomskim eksplozijama u Hirošimi i Nagasakiju, zatim havarisanju nuklearnih postrojenja, najbolje je proučeno jednokratno ozračivanje letalnim dozama koje uzrokuju *akutnu radijacionu bolest*. U zavisnosti od osetljivosti ćelija i tkiva i doze ozračivanja, razlikuju se sledeći oblici akutne radijacione bolesti: koštanosržni, crevni, tokseimični i cerebralni.

Nakon višekratnog ili dugotrajnog spoljašnjeg ozračivanja, ili dugotrajnog unutrašnjeg ozračivanja (pri unošenju radioaktivnih supstancija hranom ili vodom), dolazi do *hronične radijacione bolesti*. Deo radioaktivnih supstanci dospelih u organizam eliminiše se iz njega, ali se deo njih apsorbuje i nagomilava u organima i tkivima (izotopi joda u štitnoj žlezdi, stroncijum-90 i radijum - u kostima). Jakom ozračivanju izloženi su sluzokoža creva, jetra, štitna žlezda i drugi organi.

Zavisno od doze zračenja, efekti koji se ne javljaju odmah, već posle dužeg perioda od ozračivanja, dele se na: (1) *somatske (telesne) efekte* ozračivanja - zloćudne tumore i (2) *genetske efekte* - urođene anomalije i poremećaje koji se prenose na buduće generacije. Umerene i visoke doze zračenja uglavnom indukuju somatske efekte, a niske doze - genetske efekte.

Kod organizama koji su se oporavili od akutnih povreda zračenjem, kao i posle hroničnog izlaganja zračenju, vremenom mogu da se pojave patološke promene na raznim tkivima i organima. Kancerogeni efekat je uočen kod čoveka još u prvim danima radiologije, a potvrđen kasnije mnogim primerima kod ljudi i eksperimentima na životinjama. Na osnovu tih podataka, smatra se da zračenje može da indukuje bilo koji tip karcera.

Pojava zloćudnih (malignih) tumora različitih organa i tkiva umnogome zavisi od specifične sposobnosti radionuklida da se deponuje u određenom organu ili tkivu.

Suštinsko mesto u patologiji tumornih oblika poznih posledica zauzimaju *leukoze*. Leukemije nastaju posle dužeg vremena od dejstva leukomogenih činilaca, ali se preleukemijske ćelije u koštanoj srži nalaze ubrzo posle ozračivanja. U Hirošimi je, na primer, u periodu 1948-1950. godine, od leukemije umrlo pet puta više ljudi nego u drugim oblastima Japana.

3. ZAGAĐENJE I NARUŠAVANJE PRIRODNE SREDINE PRI EKSPLOATACIJI I PRERADI RUDE

Rudarstvo seže u daleku preistoriju, a već u srednjem veku bilo je u temelju svake državne zajednice. U svojoj dugoj istoriji, započelo je sa fazom površinskog skupljanja ruda i stena, da bi se u sledećoj fazi razvila tehnologija eksploatacije samo bogatih ležišta metala i nemetala koja zaležu ispod površine. Sa ubrzanom industrializacijom i daleko većim potrebama kako za tim, tako i energetskim sirovinama, prelazi se na površinsko otkopavanje i masovnim metodama (sa zarušavanjem rude i pratećih stena) podzemnim načinom. U toj fazi, čovek je praktično započeo sa masovnom degradacijom geološke sredine. Dubina nekih rudnika u Africi i Indiji dostiže 4000 m, a dubina ogromnih površinskih kopova uglja prevazilazi 1000 m. Ogomna „glad“ za sve više novih jeftinih sirovina može se ilustrovati podatkom da se danas otkopa godišnje (tj. dezintegriše iz geološke sredine) 35 do 40 tona rude i jalovine po glavi stanovnika Planete. Od te količine, samo oko 2% predstavlja korisnu supstancu.

Pored pomenutih problema narušavanja geološke sredine, istog ranga su problemi zagadenja životne sredine, povezani sa površinskom razradom ležišta uglja, prisustvom u rudama, uglju i nafti jedinjenja sumpora, morskim bušenjem na naftu i njenim transportom, gubljenjem fluora iz kombinata za proizvodnju aluminijskog, radioaktivnim otpadom, itd. (Komatina Petrović S., 2007).

Potencijalno, ma koje ležište je moćan izvor zagađenja kompleksnog karaktera. To je povezano sa obaveznim prisustvom povećanih koncentracija široke asocijacije toksičnih hemijskih elemenata u izvađenim i prerađenim rudama i u jalovini. Kompleksnost ležišta kao izvora zagađivanja ispoljava se i kroz raznovrsnost zahvaćene prirodne sredine. Negativni efekti se mogu odraziti na sve životno važne resurse - vodu, vazduh, zemljište i proizvodnju hrane, kroz nagomilavanje toksičnih hemijskih elemenata. Odavde proizilaze negativne biološke reakcije svih živih organizama, uključujući čoveka (porast opšteg i specifičnog oboljevanja, snižavanje biološke produktivnosti, daleke mutagene posledice, u krajnjem slučaju - smrt).

Pri eksploataciji i preradi mineralnih i energetskih sirovina, narušava se u većem ili manjem stepenu litosfera, atmosfera, biosfera i hidrosfera. U *predelima površinskih kopova*, vidovi narušavanja su brojni:

- *izmene morfoloških svojstava terena;*
- *izmene intenziteta egzogenih procesa* (kliženje, odronjavanje, jaružanje u predelu jalovišta i sl.);
- *izmene hidroloških i hidrogeoloških svojstava terena* (odvodnjavanje, zagađenje površinskih tokova i podzemnih voda, termičko zagađenje vode, i dr.);
- *izmene flore i faune*, kod obojene metalurgije primetne do 100 km u radijusu (povećani sadržaji mikroelemenata u rastinju, voću, povrću i drugim seoskim kulturama, smanjenje vitamina i šećera u voću i povrću, nestajanje, odnosno migriranje pojedinih biljaka i životinjskih vrsta, itd.);
- *izmene atmosfere* (mehaničko zagađivanje različitim vrstama prašine, hemijsko zagađivanje gasovima i parama, i dr.);

- *izmene uslova života i rada čoveka* (smanjenje radne sposobnosti, narušavanje zdravlja i smanjenje životnog veka, i dr.).

Rad u rudnicima sa *podzemnom eksploracijom* praćen je sleganjem tla, pojaviom pukotina, problemima sa stabilnošću iskopa, formiranjem jalovišta na površini. Vrlo ozbiljni problemi nastaju pri crpljenju vode i evakuaciji iz mnogih okana i narušenih podzemnih prostorija, čija je posledica često zagadivanje površinskih i podzemnih voda. Posebni problemi vezani su za teške uslove rada ispod zemlje, za brojne rizike zbog mogućih prodora metana, jamskih požara, i sl. Rudarski rad je praćen sa povećanjem profesionalnih neizlečivih oboljenja, povredama na radu i kraćim radnim životnim vekom rudara.

Eksploracija uglja površinskim načinom na teritoriji Apalača u SAD pretvorila je živopisni prirodni ambijent u pustinju sa otvorenim udubljenjima, gomilama jalovine i neplođnom golom zemljom. U procesu vađenja i oplemenjivanja rude, odbacuje se masa materijala. Njihov deo spira se kišama u reke, i to se ozbiljno odražava na organski život reka i njihov vodni režim. Osobito težak zadatak predstavlja evakuacija zagađenih voda rudarskih radova bez zagađenja površinskih i podzemnih voda. Sličan je slučaj sa mnogim drugim zemljama Planete. Činjenica da se veliki površinski kopovi uglja, deponije i pogoni za pripremu te sirovine nalaze u blizini naseljenih mesta i u ravnicaškim predelima ima dodatnog uticaja na životnu sredinu, a naročito se narušavaju agroekosistem i režim podzemnih voda.

Da bi se razrešili problemi efektivnog korišćenja ogromnih resursa uglja sa minimalnom štetom po životnu sredinu, sve se više pribegava metodi *gasifikacije uglja* (rezerve uglja u svetu su toliko velike, da se sa sigurnošću može reći da se sledećih 200 godina može računati na stabilnu proizvodnju i potrošnju ove sirovine. Kako se svake godine iskopa više od četiri milijarde tona ovog fosilnog goriva, da bi se zaštitala životna sredina potrebno je proširiti primenu tzv. *čistih tehnologija (Clean Coal Technologies - CCT)* i rekultivacije površinskih kopova uglja).

Rudarski baseni sa eksploracijom metaličnih mineralnih sirovina i njihovi metalurški kombinati predstavljaju velike zagadivače vazduha, vode, zemljišta, biljnog i životinjskog sveta, brojnim toksičnim elementima, pre svega. *Transgresivne tehnogene bolesti* hemijske prirode vezane su za premeštanje hemijskih zagadivača životne sredine na velika rastojanja putem atmosferske ili vodne cirkulacije. Klasičan primer transgresivnih pojava u biosferi predstavljaju *kisele kiše*, uslovljene masivnim odavanjem u atmosferu sumpornih i azotnih oksida i drugih toksičnih sastojaka, uključujući mikroelemente. Izvori zagađenja su industrijska preuzeća SAD, Engleske, Francuske, Nemačke i drugih industrijski razvijenih zemalja. Na primer, nesanirani površinski kop na vrhu Kopaonika postao je permanentni izvor mineralnih čestica bogatih teškim metalima. Tako je putem vetra došlo do uvećanja koncentracije teških metala u zemljištu, pa je na Suvom Rudištu (kota 1960) nađeno u mg/kg: 208 000 Fe, 3700 Mn, 340 Cu, 240 Zn, 210 Pb, 67 Cr i 2 Cd. Dalje, u blizini velikog izvora zagađenja - topionice olova Trepča kod Kosovske Mitrovice, u zemljištu su nađeni sledeći sadržaji teških metala (u mg/kg): 4000 do 7500 Pb, 2000 do 7000 Zn, 4 do 14 Ni i 0.2 do 1.2 Co. Što se tiče metalurških kombinata, u procesu pečenja rudnih minerala, oslobađaju se značajne količine sumpordioksida - otrovnog gasa, koji pogubno deluje na biljke i životinje. Pri tehnološkom procesu, u kombinatima za proizvodnju aluminijuma oslobađa se fluor, koji takođe vrši štetan uticaj na rastinje, obrađena polja i domaće životinje.

Ekološka ocena stvorenih *sekundarnih geochemijskih anomalija* se definiše nivoima koncentrisanja hemijskih elemenata u živim organizmima (tj. biogeohemiskom povezanošću u sistemu *sredina - organizmi*) i biološkim posledicama te pojave. Istraživanja biogeohemijskih i bioloških posledica zagađenja životne sredine hemijskim elementima intenzivnije se vrše u poslednjih četvrt veka, uglavnom kroz eksperimentalno izučavanje reakcije živih organizama na povišene koncentracije hemijskih elemenata, dospelih u organizam ovim ili onim putem (sa hranom, vazduhom, vodom). Rezultat tih radova je otkrivena široka i raznovrsna skala negativnih posledica, izraženih kako u obliku nezdravih reakcija specifičnih za ovaj ili onaj hemijski element, tako i u obliku reakcija nespecifičnog karaktera, kada dejstvo elemenata doprinosi uvećanju učestalosti odstupanja od normalnog fiziološkog razvića organizma, ili povećanju ukupnog oboljevanja.

Termoelektrane i kombinati za proizvodnju koksa su, po pravilu, veliki zagađivači vazduha, vode i zemljišta. To su, pre svega, najveći antropogeni izvori teških metala. Najnegativnije posledice nastaju zbog istovremene visoke emisije oksida sumpora i azota, koji se u atmosferi u prisustvu vodene pare transformišu u jake kiseline. Kiselost zemljišta, izazvana dimom iz mnogobrojnih koksnih peći, u kojima se koristi ugalj sa visokim sadržajem sumpora, uništila je, na primer, vegetaciju i intenzivirala jaružanje na padinama brežuljaka u državi Pensilvanija u SAD. Uz zagađenje atmosfere dimnim gasovima, odvija se zagađenje površinskih i podzemnih voda. Tako u predelima termoelektrana na tlu bivše Jugoslavije, koje koriste mrke ugljeve sa nizom opasnih elemenata, nakon sagorevanja, u vidu pepela zaostaje od 12 do 14% od primarne mase uglja. Većina elemenata ostaje u čvrstoj fazi (u pepelu i dimnom talogu), sem žive, dela arsena i kadmijuma, i dr. Tako je utvrđeno da se u dimnom talogu termoelektrane Morava kod Svilajnca nalazi (u mg/kg): Cr 48.7, Mn 497, Fe 69 700, Co 7.5, Ni 43.6, Cu 65.2, As 39.0, Cd 2.0, Pb 59.0, a procenjeno je da se u pepelu u samom ložištu nalazi 4.7 do 10.9 mg/kg urana (koji se rastvara u vodi).

4. KOMPLEKSNI ŠTETNI UTICAJI URBANIZACIJE NA PRIRODNU SREDINU

Prvi alarmantni znaci pojave ozbiljnijeg zagađenja životne sredine poklapaju se sa procesom urbanizacije, odnosno industrijske revolucije. Mada su prvi gradovi bili osnovani u međurečju Tigra i Eufrata pre 5-6 hiljada godina, sve do sredine XIX veka urbanizacija nije bila značajnija ni u jednoj zemlji sveta. Tako, na primer, u 1800. godini, samo 2.4% stanovništva živilo je u gradovima, dok je bilo svega četiri grada sa više od milion žitelja. Početkom XX veka, broj takvih gradova je iznosio 19, da bi 1965. godine on narastao na 141. Krajem 2000. godine, više od polovine svetske populacije živilo je u urbanim sredinama. Danas, na primer, u Holandiji, Belgiji, Rurskoj oblasti, Šleziji, itd., gradsko stanovništvo čini 90% ukupnog broja stanovnika, a svedoci smo obrazovanja ogromnih gradova - megapolisa u više industrijski razvijenih zemalja.

Sve većem zagađenju životne sredine doprinosio je skučeni prostor na kome je na jedinici površine živilo sve više stanovnika, i samim tim bilo sve više komunalnog otpada. Dospevši u okolnu sredinu, otpadi se uključuju u biološki kružni

tok, pa sve više slabi samoprečišćavajuća moć sredine i dolazi do narušavanja ekološke ravnoteže. U prvom redu, narušena je sposobnost samoprečišćavanja zemljišta, oslabila biološka vrednost podzemnih voda. Zagađena voda za piće u gradovima postala je izvor teških crevnih oboljenja, da bi krajem XVIII veka, zbog nezadovoljavajućeg stepena komunalne higijene u Evropi, započela poznata era velikih razornih epidemija (pegavi tifus, kuga, velike boginje, a početkom XIX veka i kolera).

Značajan impuls da se ubrza tempo zagađenja životne sredine dala je u XIX veku industrijalizacija. Zagađenje prirodne sredine zadobilo je novi karakter: ako je ranije ono bilo lokalno, sa razvojem industrije, zagađenje toksičnim supstancama i različitim konacnjim produktima zadobilo je zabrinjavajuće razmere. Porast tempa industrijalizacije, razvoj novih tehnoloških procesa i poboljšanje životnog standarda, izazvali su intenzivan rast industrijskih i komunalnih otpadnih materijala. Na taj način, problem sanitarnog i kontrolisanog deponovanja postaje prvorazredan, a kontrola otpadnih materijala - imperativ savremenog sveta.

Interesantno je podsetiti se brige o životnoj sredini karakteristične za vreme pre nove ere, stari i novi vek. Pri tom, svakako je atraktivna deponija otkrivena u sumerskom gradu Uru (oko 2500. godine pre n.e.). Ta deponija je riznica značajnih nalaza, na osnovu kojih se može pratiti razvoj i istorijat grada tokom tri stoljeća. Atmosferske prašine u gradovima je stotinu puta više, iskorišćenih gasova - 5 do 25 puta više, nego u selima. Zagađena atmosfera gradova apsorbuje oko 20% sunčeve svetlosti, pri niskim položajima sunca - više od 50%. Sve se to odražava na združlje stanovništva, povećava se broj respiratornih, kardiovaskularnih, malignih i drugih oboljenja.

Broj bolesti naglo raste u vreme smoga. Glavni uzročnik osobito opasnog tipa smoga - tzv. *fotohemijskog* ili *losandjeleskog smoga* su izduvni gasovi automobila. Porast saobraćaja doveo je do ogromnog povećanja broja nesrećnih slučajeva na putevima. Po podacima iz kraja 80-tih godina prošlog veka, ukupan broj povređenih u saobraćajnim nesrećama u Nemačkoj dostigao je u proseku 1.7 miliona u godini. U zemljama sa razvijenim automobilskim i železničkim transportom, nesrećni slučajevi na putevima zauzeli su 3-4. mesto među svim uzročnicima smrtnosti, i prvo mesto kađa su u pitanju deca starosti do pet godina. Samo na ulicama Pariza, na prostoru 105 km², dnevno se kreće preko 1.3 miliona automobila. Preko četiri miliona automobila u Los Andjelesu oslobađa oko 1100 t oksida azota, koncentracija ozona je 100-200 puta veća nego u čistom vazduhu, obrazuju se različita organska jedinjenja (toksični formaldehidi i organski peroksid), u sastav vazduha ulazi nekoliko stotina hemijskih jedinjenja. Uopšte, tokom fotohemijskog smoga, vazduh zadobija neprijatan miris, pogoršava se vidljivost, kod čoveka se nadražuje sluzokoža, pogoršavaju plućne i druge bolesti. Pate takođe domaće životinje i rastinje.

Stalna *ulična buka* od gradskog saobraćaja štetno deluje na sluh. Pored toga, buka izaziva napetost, osećaj straha, nesanicu, a često i teška rastrojstva nervnog sistema, somatske promene, stres - oboljenja, povišeni krvni pritisak, narušenu sekrecionu ulogu želuca i creva, hormonalne poremećaje (na primer, šećernu bolest) itd. Zbog izraženih stresnih uticaja, mogu nastati sledeća patološka stanja:

- gastriti i enteriti; čir u stomaku i dvanaestopalačnom crevu;
- srčane i vaskularne bolesti, uključujući koronarnu bolest, hipertoničnu bolest;
- šećerna bolest i neke druge bolesti razmene hormonalne etiologije, poremećaj funkcije štitne žlezde, itd.;
- i na kraju, gradski način života izaziva povišenu razdražljivost i dovodi do nastanka nervosa, sve do duševnih bolesti.

Važne etiološke i patogenske faktore oboljevanja, svojstvene velikim gradovima, pored buke, predstavljaju stalna i sve izraženija *nervna napetost* (uslovljena br-

zim tempom života) i industrijsko i saobraćajno zagadenje vazduha. Tipično obojenje gradskih područja je *hipertonična bolest*, u čijoj patogenezi nervnoj napetosti pripada značajna uloga. Takođe se sve više izražava uloga stres - faktora u nastajanju koronarnih bolesti, koje su među predstavnicima određenih profesija zadobile karakter profesionalnih oboljenja (intelektualni radnici, lekari, menadžeri, itd.). Pomenimo, na kraju, druge profesionalne bolesti:

- rak mokraćne bešike kod radnika koji dolaze u dodir sa proizvodima anilina i hidrohinona;
- rak disajnih puteva kod radnika u pogonima elektrolize i proizvodnji nikla, karakterističan po dugotrajnom razvoju;
- rak dimničara.

5. POSLEDICE DELOVANJA ZAGAĐUJUĆIH SUPSTANCI NA ČOVEKA

Kao što smo videli, antropogeni uticaj čovekove delatnosti na žive organizme - ljude, životinje i biljke je raznovrstan i glavnim delom sa negativnim posledicama. Ključne posledice delovanja zagađujućih supstanci su:

- ugrožavanje života na Planeti, čemu će verovatno doprineti i moguće smanjenje kiseonika u atmosferi;
- ugrožavanje opstanka pojedinih vrsta živih organizama, a posredno i drugih koji od njih zavise;
- genetske izmene kod živih vrsta, posebno kod čoveka, koje mogu da doveđu do nestanka ljudske vrste kao inteligentne i danas vladajuće;
- otežavanje i ugrožavanje pojedinaca i odgovarajućih grupa;
- neposredno i brzo negativno delovanje na pojedince ili uže grupacije.

Sve navedene posledice su rezultat sprege velikog broja manjih ili većih izmena na Zemlji, kojima je narušeno jedinstvo organizama i životne sredine.

Dejstvo hemijskih zagađujućih supstanci zavisi od niza činilaca, kao što su: *fizičko - hemijske i toksikološke osobine, dimenzije čestica, koncentracija, dužina delovanja* (ekspozicija) i *način prodiranja u organizam*. Kada je u pitanju organizam čoveka, ono se može klasifikovati kao: *nadražujuće, fibrogeno, alergijsko, na kožu, toksično, mutageno, kancerogeno i embriotropno*.

- Mnoge supstance nadražuju oči, nos, gornje disajne puteve, pluća ili kožu, a dejstvo može biti izraženo u različitom stepenu;
- mnogi oblici prašine (ugljena, azbestna) izazivaju fibrozu, čijim napredovanjem nastaje ozbiljna bolest *pneumokonioza*, od koje godišnje u svetu umire nekoliko hiljada ljudi;
- u zagađenoj sredini, nalaze se mnogi alergeni, koji u organizam prodiru udisanjem, namirnicama ili kontaktom;
- oboljenja kože izaziva čitav niz supstanci, kao što su kiseline ili baze, rastvarači ili deterdženti;

- usled dospevanja otrova u organizam, dolazi do trovanja (intoksikacije), a u odnosu na pojavu toksičnog dejstva i njegovo odvijanje, mogući oblici trovanja su: akutno, subakutno, hronično;
- mutacije su hemijske (molekularne) promene gena koje se nasleđuju (prenose se sledećoj generaciji), a danas je poznat čitav niz vidljivih mutacija kod biljaka, životinja i čoveka;
- kancerogenim delovanjem, aktiviraju se dve vrste agenasa: *endogeni* (neki hormoni, vitamin D₂, holesterol, žučne kiseline) i *egzogeni* (hemijske supstance; fizički agensi; ionizujuća i nejonizujuća zračenja; biološki agensi - virusi, bakterije, paraziti; kombinacija navedenih kancerogena);
- za vreme trudnoće, hemijske supstance mogu izazvati različite poremećaje u razvoju ploda, a razlikuju se dva tipa efekata - *teratogeni* i *embriotoksični*.

Da bi se predupredilo ili suzbilo štetno delovanje hemijskih agenasa na žive organizme, potrebno je bliže upoznati načine i mehanizme nepovoljnog delovanja, kao i veze između količine i koncentracije supstanci i negativnih efekata koje one daju. *Procena rizika* predstavlja jedan od osnovnih elemenata kompleksnog sagledavanja zaštite zdravlja ljudi na posmatranom području. Danas se odnosi na uticaj faktora životne sredine izdvojenih kao veoma značajni i najznačajniji za zdravље (*Environmental health factors*). Procena nivoa morbiditeta i mortaliteta pod uticajem antropogenih faktora vrši se prema konceptu *Environmental health impact assessment - EHIA*. Osvrnimo se na neke mehanizme štetnog delovanja.

5.1. Uloga ekoloških mineralnih sirovina kod saniranja posledica zagadenja životne sredine

Mnoge mineralne sirovine i stene u sirovom, ili do određene mere prerade-nom stanju, imaju značajnu ulogu u zaštiti životne sredine. Zbog toga se takve sirovine mogu nazvati *ekološkim sirovinama*.

Sa stanovišta zaštite životne sredine, najveći značaj imaju različiti nemetalni (zeoliti, različite vrste glina i silicita, zatim glaukoniti, granati, serpentiniti, dolomi-ti, krečnjaci (kreč) i mermeri, i dr.). Oni se sve više kao prirodni sorbenti koriste za uklanjanje suspendovanih čestica ili rastvorenih supstanci iz industrijskih voda - velikih zagadživača vodnih resursa i zemljišta i druge svrhe. Među raznim vrstama **glina**, izdvajaju se bentonitske gline, kaolinit, paligorskitske gline i sepiolit. Primenjena *bentonitskih gline* zasnovana je na činjenici da, pokazujući veliku sposobnost katjonske izmene, mogu efikasno poslužiti za selektivnu adsorpciju nekih jona teških metala iz rastvora (na primer, Cu, Zn, Ni, Cd) iz otpadnih (kontaminiranih) voda. Koriste se, takođe, za uklanjanje alkaloida i insekticida iz voćnih ekstrakta, u proizvodnji stočne hrane, rekultivaciju degradiranih zemljišta, i sl. Za prečišćava-nje voda se koristi i *kaolinit*, koji je kao anjonski jonoizmenjivač još efikasniji. *Paligorskitske gline* se uspešno koriste za melioraciju i popravljanje strukture pesko-vitih zemljišta, kao odličan adsorbent u industriji nafte i gasa, adsorbent i fiksator olova nagomilanog u zemljištu u blizini autoputeva, itd. Složena smesa, sastavljena od nekoliko minerala - bentonita, zeolita, perlita i vermiculita, kao i u vodi rastvor-ljivih fluorida, pravi se sa ciljem da se ukloni čitav spektar teških metala, često prisutnih u rastvorima postrojenja za pripremu mineralnih sirovina ili u rudničkim vo-dama.

Kvarcni pesak predstavlja jednu od najčešće korišćenih mineralnih sirovina za relativno jeftino filtriranje vode i u praksi je već duže vreme. Od sedimentnih silicijumskih stena, pomenimo *dijatomit, opoku i trepele*, odlične adsorbente i sred-stva za filtriranje. Dijatomit, uz to, služi za uklanjanje radioaktivnih izotopa iz kon-

taminiranog zemljišta, zatim kao nosilac mikroelemenata i za poboljšanje kvaliteta zemljišta, itd.

Zeoliti čine izuzetno važnu grupu ekoloških mineralnih sirovina, jer imaju sposobnost jonske izmene i pokazuju adsorbione osobine. Područja korišćenja zeolita su veoma brojna: tretman relativno niskoradioaktivnog otpada i kontaminiranih voda; uklanjanje teških metala iz otpada; uklanjanje Fe, Mn i Sr iz podzemnih voda; rekultivacija zemljišta, i dr.

Vermikuliti imaju sve naglašeniju primenu na polju zaštite životne sredine. Poznati su primeri korišćenja ovog liskuna za neutralisanje Cs₁₃₇ iz radioaktivnih otpadnih voda, kod uklanjanja teških metala (Pb, Zn, Cu i Cd) amonijum jona iz površinskih voda, za posteljice različitih filtera za prečišćavanje rudničkih, industrijskih i drugih kontaminiranih voda.

Zahvaljujući svojim adsorbpcionim svojstvima i svojstvima izmene jona, *glaukonit* (glaukonitski pesak) je pogodan za brojna područja iz domena zaštite životne sredine. Rekultivisana zemljišta u predelima napuštenih rudarskih kopova, prekrivena slojem glaukonitskog peska debljine 0.5 m, obezbeđuju vrlo visok prinos različitih kultura. Dalja moguća primena je za čišćenje radioaktivnih i drugih otpadnih voda, popravku kvaliteta zemljišta (popravlja aeraciju i održava vlažnost zemljišta, adsorbuje pesticide iz zemljišta), povećanje bioproduktivnosti vodnih basena (akumuliranje fitoplanktona, stimulisanje i povećanje produktivnosti riba), itd.

Serpentiniti predstavljaju jeftinu i široko rasprostranjenu mineralnu sirovину. U prvom planu je fino samleveni serpentinit, veoma pogodan kao adsorbent anjonskih kolektora, kao što su ksantati i oleati (inače vrlo česti i opasni zagađivači rečnih tokova u zonama industrijskih postrojenja za pripremu mineralnih sirovina), zatim za prečišćavanje rudničkih voda, i dr.

Procenjuje se da će u bliskoj budućnosti *granati* imati značajnu ulogu na polju filtracije vode.

Pretvoren u MgO, *magnezit* predstavlja veoma koristan proizvod za tretman kontaminiranih voda različitog porekla (uklanjanje teških metala iz razblaženih rastvora; uklanjanje algi, organskih materijala, fosfora i amonije, bora i drugih zagađivača).

Osnovni proizvod *krečnjaka - kreč* se primenjuje u mnogim oblastima vezanim za zaštitu životne sredine, kao što su: tretiranje vode za piće, otpadaka i muljeva, neutralizacija određenog industrijskog otpada i desulfurizacija gasova iz termoelektrana. Korišćenje kreča u poljoprivredi u obliku kalcijum oksida, za kalcifikaciju poljoprivrednog zemljišta, danas je manje od očekivanog.

Zbog ograničenog prostora, ne mogu se prikazati druge ekološke mineralne sirovine, kao što su *barit*, *gips*, *treset* (za upijanje otpadnih stočnih voda, kao adsorbent u slučajevima voda i zemljišta zagađenih naftom i njenim derivatima, i sl.), *treset - vivijanit*, *tremolit* (supstitut za azbest), *davsonit* i dr. Ipak, mora se naglasiti da širokom spektru mogućeg korišćenja ekoloških mineralnih sirovina za popravku kvaliteta degradirane životne sredine ili njenu zaštitu još nije posvećena dužna pažnja.

LITERATURA I IZVORI

1. Алексеева, Т.И., Белосялонов, Л.С. Гордина, Е.З., *Урбоекологија*, Наука, Москва, 1990.
2. Andevski, M., *Ekologija i održivi razvoj*, Novi Sad, 2006.
3. Annon., *State of the Environment a View Toward the Nineties*, A Report from the Conservation Foundation, Washington, D.C., 1970.
4. Babović, M., *Geologija i zaštita životne sredine*, Beograd, 1992.
5. Bibi, A., Brenan, M., *Osnove ekologije*, Beograd, 2008.
6. Banović, R., Arpadžić, E., *Zaštita okolice*, Tuzla, 2000.
7. Blaženčić, J., i dr., *Biodiverzitet Jugoslavije*, Beograd, 1995.
8. Bogunović N., Komatin Petrović S., Kerkež Ž., Međedović S., Ždralje Z., 2012. *Prirodne riznice Srbije*. Institut za vodoprivredu «Jaroslav Černi», Beograd, 423.
9. Bossew P., Žunić Z. S., Stojanovska Z., Tollesen T., Carpentieri C., Veselinović N., Komatin S., Vaupotić J., Simović R.D., Antignani S., Bochicchio F., 2013. *Geographical distribution of the annual mean radon concentrations in primary schools of Southern Serbia - application of geostatistical methods*. Journal of Environmental Radioactivity, Elsevier.
10. Dukić, D., *Klimatologija*, Beograd, 1998.
11. Đarmati, Š., Veselinović, D., Gržetić, I., Marković, D., *Životna sredina i njena zaštita*. Knjiga I, Beograd, 2008.
12. Đarmati, Š., Veselinović, D., Gržetić, I., Marković, D., *Životna sredina i njena zaštita*. Knjiga II, Beograd, 2008.
13. Đukanović, M., *Životna sredina i održivi razvoj*, Beograd, 1996.
14. Đukić, N., Maletin, S., *Poljoprivredna zoologija sa ekologijom*, Novi Sad, 1998.
15. Đukić, V., *Osnove zaštita životne sredine*, Banja Luka, 2008.
16. Đukić, V., *Upravljanje otpadnim vodama*, Banja Luka, 2008.
17. Đuković, J., *Zaštita životne sredine*, Svjetlost, Sarajevo, 1990.
18. *Ekološki aspekti rata*, Kongres ratne medicine sa međunarodnim učešćem. Banja Luka, 2001.
19. Enger, E.D., Kormelink, J.R., Smith, B.F., Smith, R.J., *Environmental Science, The Study of Interrelationships*, Delta College University Center, W.M.C. Brown Publishers Dubuque, Iowa, 1989.
20. Filipović, D., Đurić, S., *Ekološke osnove prostornog planiranja* (praktikum), Beograd, 2008.
21. Galogaža, M., *Socijalna ekologija*, Banja Luka, 2007.
22. Glušica, Z., *Implementacija sistema ekološkog menadžmenta*, Novi Sad, 2005.
23. Jakupović, E., Mirjanić, D., *Obnovljivi izvori energije*, Banja Luka, 2009.
24. Janković, M. Atanacković, B., *Biogeografska sa pedologijom*, Beograd, 1999.
25. Janković, M., *Biodiverzitet - suština i značaj*. Beograd, 1995.
26. Joldžić, V., *Ekološki kriminalitet u pravu i stvarnosti*, Beograd, 1995.
27. Kastori, R., *Zaštita agroekosistema*. Novi Sad, 1995.
28. Kerovec, M., *Ekologija kopnenih voda*, Zagreb, 1988.
29. Kojić, M., *Fiziološka ekologija*, Beograd, 1987.

30. Kolić, B., *Šumarska ekoklimatologija sa osnovama fizike atmosfere*, Beograd, 1988.
31. Komatina M, 2001: *Medicinska geologija*. Tellur, Beograd, 429.
32. M. Komatina, 2004. *MEDICAL GEOLOGY. Effects of geological environments on human health*. Elsevier, Amsterdam.
33. Komatina M., Komatina-Petrović S., Smiljanić S., 2011. *Geological environment of Serbia and public health*. 2nd Regional Conference Energy, Economy & Environment (Zlatibor), AGES, Belgrade, 42-46.
34. Komatina M., Komatina-Petrović S., 2011. *Uticaj geoloških i geofizičkih faktora na zdravlje sa osvrtom na područje Smederevske Palanke*. Stručni i naučni skup sa međunarodnim učešćem *Geološki, geofizički i energetski pristup zdravlju i bolesti*, Smederevska Palanka.
35. Komatina M., Komatina-Petrović S. (kolektiv autora), 2011. *Pijaće mineralne vode – Razvojna šansa Srbije*. Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd, 1-244.
36. Komatina S., 2005. *Uloga geofizike u proceni prirodne zaštićenosti podzemnih voda od zagadivanja*. Posebna izdanja, Zadužbina Andrejević, Beograd, 105 str.;
37. Komatina Petrović S., 2007. *Energy, global changes and sustainable development*. European Geologist, Journal of European Federation of Geologists, No 23, June; Brussels, 76-85.
38. Komatina-Petrović S., 2011. *EKOGEOFIZIKA. Geofizika i zaštita životne sredine*. Udžbenik, 1-362, Asocijacija geofizičara Srbije, Beograd
39. Komatina-Petrović S., Komatina M., Radović V., Dimiskovska B., 2012. *Hydrogeoseismological methods and earthquake prediction*. Journal Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation (BSEC), No.1, ISSN 1729-5459, 91-97.
40. Komatina S., Urošević M., Suto K., 2014. *Geophysics for natural disasters – Balkan cries for help!*. ASEG Journal, Jun 2014, No. 170, 18-21.
41. Lambić, M., Milošević, Ž., Kopanja, V., Milošević, D., *Ekološki rizik i upravljanje energetskim resursima*, Banja Luka, 2009.
42. Lambić, M., Milošević, Ž., Kopanja, V., Milošević, L., *Ekologija i energija*, Banja Luka, 2009.
43. Lazarević, R., *Klizišta*, Beograd, 2000.
44. Lješević, M., *Urbana ekologija*, Beograd, 2002.
45. Marsenić, M., Đuković, J., Bojanić, V., *Tehnička zaštita životne sredine*, Banja Luka, 2004.
46. Matović, M., Bukvić, S., Jovičić, D., *Zaštita životne sredine*, Beograd, 1994.
47. Mihailović, D., *Osnove meteoroloških osmatranja i obrade podataka*, Novi Sad, 1988.
48. Milosavljević, M., *Klimatologija*, Beograd, 1990.
49. Miljković, N., *Osnovi pedologije*, Novi Sad, 1996.
50. Molnar, I., Milošev, D., *Agroekologija*, Novi Sad, 1995.
51. Nedović, B., *Ekologija životne sredine*, Banja Luka, 1999.
52. Otorepec, S., *Agrometeorologija*, Beograd, 1991.
53. Pecelj, M., *Klimatske promjene i efekat staklene bašte*, Republički pedagoški zavod Republike Srpske, Banja Luka, 2000.
54. Penzar, .B., i saradnici, *Meteorologija za korisnike*, Zagreb, 1996.
55. Radulović, J., i dr, *Koncept održivog razvoja*, Beograd, 1997.
56. Ristić, T., *Biološka struktura stanovništva opštine Teslić*, Časopis Tehničkog instituta u Bijeljini, Bijeljina, 2010.

57. Ristić, T., *Ekološki aspekti podzemne urbane izgradnje*, Aktuelnosti - časopis za društvena pitanja, Banja Luka, 2011.
58. Ristić, T., *Poljoprivredna ocjena klime kao bitnog faktora poljoprivredne proizvodnje Usorsko-Ukrinskog kraja Republike Srpske*, Naučno savjetovanje agronoma Republike Srpske, Banja Vrućica, 2002.
59. Ristić, T., Čehajić, A., *Osnovi ekologije*, Banja Luka, 2013.
60. Ristić, T., *Posljedice uništavanja šumske vegetacije u toku rata na prostoru opštine Teslić*, Ekologika – posebno izdanje, Teslić – Banja Luka, 2000.
61. Ristić, T., *Zaštita prirode i turizam opštine Teslić*, Duh Srpske Usore – časopis, br. 9/1999, Teslić, 1999.
62. Ristić, T., *Uticaj Sunčevog zračenja na čovjeka i životinjski svijet*, Duh Srpske Usore – časopis, br. 11 i 12/1999, Teslić, 2001.
63. Ristić, T., *Klimatske osnove biljne proizvodnje Usorsko-Ukrinskog kraja Republike Srpske – doktorska disertacija*, Banja Luka, 2002.
64. Simić, S., Simić, V., *Ekologija kopnenih voda (Hidrobiologija I)*, Beograd – Kragujevac, 2009.
65. Spahić, M., *Osnove geoekologije*, Tuzla, 1999.
66. Stanković, S., *Ekologija životinja*, Beograd, 1968.
67. Stevanović, B., Janković, M., *Ekologija biljaka*, Beograd, 2001.
68. Tanasković I., Golobočanin D., Komatin Petrović S., Miljević N., 2009. *Natural radioactivity in Serbian spa waters*, JEPE, 12 (1): 286-294.
69. Tarman, K., *Osnove ekologije*, DSZ, Ljubljana, 1992.
70. Trifunović N., Komatin Petrović S., 2011. *Role of enormous Earth magnetic fields (EMF) in etiopathogenesis of cardiovascular diseases (CVD)*. Journal of Balkan Geophysical Society, Vol. 7, Ankara, 23-29.
71. Ugrinov D., Stojanov A., Komatin Petrović S., 2013: *Vlasništvo nad prirodnim resursima (Ownership of natural resources)*, Zaštita prirode 63/1-2, 49-58.
72. Vučićević, S., *Šuma i životna sredina*, Beograd, Beograd, 1999.
73. Žunić S.Z, Ujić P., Nađđerđ L.; Yarmoshenko I.V., Radanović S.B., Komatin Petrović S.; Čeliković I., Komatin M., Bossew P., 2014. *High variability of indoor radon concentrations in uraniferous bedrock areas in the Balkan region*. Jurnal Applied Radiation and Isotopes, Elsevier.
74. <http://free-os.htnet.hr/msp/lov/images/pr4.jpg> (orig. Z.P., 1994.)
75. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Vegetation-no-legend.PNG/1000px-Vegetation-no-legend.PNG>
76. <http://free-os.htnet.hr/msp/lov/images/pr4.jpg> (orig. Z.P., 1994.)
77. <http://www.velikanisrbije.com/public/images/velikani/Josif.Pancic.jpg>
78. <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRdw0Yq2xaRhHHqjL0D8C2V-8QMFuiHGoO2hUBQ7rfBI0R0Iv>
79. <http://static.astronomija.co.rs/suncsist/planete/planetestalevski/foto/zemlja.jpg>
80. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e9/Water_molecule_dimensions.svg/200px-Water_molecule_dimensions.svg.png
81. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Starr_011104-0040_Aloe_vera.jpg/240px-Starr_011104-0040_Aloe_vera.jpg
82. <http://www.geografija.hr/članci/>
83. http://worldstory.net/en/savana/the_savana.html

84. <http://images2.kurir-info.rs/slika-620x419/ajkula-1350210851-219070.jpg>
85. http://sh.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Bottlenose_Dolphin_KSC04pd0178.jpg
86. http://sh.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Grib_skov.jpg
87. znanje.org/i/25/05iv04/05iv0425/gepard.htm
88. <http://sveozivotinja.ba/arhiva/2009/09/24/2319844>

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

502/504(075.8)

РИСТИЋ, Тешо

Uvod u ekologiju / Tešo Ristić,
Snežana Komatina. - Brčko : Evropski
univerzitet Brčko distrikta, 2014 (Banja
Luka : Markos). - 231 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 200. - Bibliografija: str. 228-231.

ISBN 978-99976-605-6-5

1. Коматина, Снежана [автор]

COBISS.RS-ID 4684312