

ZAŠTITA VODA

prof. Davor Malus

**dvorišna zgrada I kat
soba D134**

Primanje studenata:

utorak 10 -11h

četvrtak 9 -10h

Stanislav Tedeschi

ZAŠTITA VODA



ZAGREB, 1997.



PREDAVANJA

VAŽNOST VODE

nezamjenjiv, uvjetno obnovljiv resurs

koristi se kao: voda za piće, osobnu higijenu, sport i rekreaciju, u industriji, poljoprivredi

VAŽNOST OČUVANJA KAKVOĆE VODE

CILJ:

**U KRUGU KORIŠTENJA, VODU U OKOLIŠ VRATITI ČISTU,
UVESTI NAČELA ODRŽIVOG RAZVITKA**

TEMELJNA EKOLOŠKA NAČELA

EKOLOGIJA = nauka o staništu, odnosu organizma s okolišem

OIKOS = dom, logos = znanost

Utemeljitelj: ERNST HAECKEL 1869.

ŽIVOTNO STANIŠTE – BIOTOP = sredina u kojoj su naseljene određene biljne i životinjske vrste.

EKOLOŠKI ČINITELJI definiraju uvjete za oblikovanje životnog staništa.

ABIOTIČKI

temperatura

voda, vlaga

svjetlo

atmosferski plinovi

hranjive tvari

strujanje

tlak

TEMPERATURA

- ☐ Van't Hoff-ovo pravilo: s porastom temperature od 10°C kemijski postupci se odvijaju dva do tri puta brže
- ☐ Gustoća vode je najveća pri 4°C

VODA I VLAGA

- ☐ fiziološka u protoplazmi
- ☐ raspored i veličina oborina uvjetuje razmnažanje i rast organizama
- ☐ posebne životne zajednice vezane uz vodu (močvare, vlažne šume)

SVJETLO – SUNČEVO ZRAČENJE

- ☐ izvor energije za fotosintezu
- ☐ mali je broj organizama koji živi u mraku
- ☐ dubina prodiranja svjetla u vodu važna zbog fotosinteze

ATMOSFERSKI PLINOV

- plinovi u vodi mijenjaju koncentraciju, osobito je važan otopljeni kisik i ugljik-dioksid**
- omjer plinova koji čine atmosferu: 78% dušika, 21% kisika, 1% ostali plinovi**

HRANJIVE TVARI

- biogene ili hranjive soli dušika i fosfora presudne u kontroli primarne proizvodnje**
- ugljik, fosfor, kalij, kalcij, sumpor i magnezij su makrohranjiva = makronutrienti**
- ostali elementi potrebni su u tragovima – mikrohranjiva = mikronutrienti (mangan, bakar, cink, bor, silicij, molibden, klor, vanadij, kobalt)**

STRUJANJE

- ☐ **struje u vodi, valovi: pronos energije, transport**
- ☐ **vjetar kao prenosnik sjemena i tla, isušivanje i promjena vlažnosti, utječe na gustoću i zastupljenost populacije**

TLAK

- ☐ **tlak zraka, promjenjiv s visinom**
- ☐ **visoki tlakovi u dubokim morima i jezerima, posebni organizmi**

BIOTIČKI

neutralizam
kompeticija
amensalizam
parazitizam
predatorstvo
komensalizam
mutualizam

NEUTRALIZAM – međuodnos u kojem nema značajne inhibicije među vrstama, *različite ptice pjevice što se gnijezde u šumi, vrane i gavrani u istom kukuruzištu*

KOMPETICIJA – međudjelovanje u kojem su obje vrste inhibirane, jer dijele iste resurse za razvoj, *jelen i ovca na istom području, čiope i lastavice koje se zajedno hrane iz istog jezerca*

AMENZALIZAM – međuodnos u kojem jedna vrsta šteti drugoj, a na istu druga ne utječe, *penicilinska plijesan koja inhibira bakterije, veliko stablo zasjenjuje manja*

inhibicija = sprečavanje, onemogućavanje, kočenje

PARAZITIZAM – PREDATORSTVO – međuodnos u kojem jedna vrsta ima pogodnosti, a druga je inhibirana. Primjer predatorstva *lav i jelen, orao i zec, zmija i miš.*

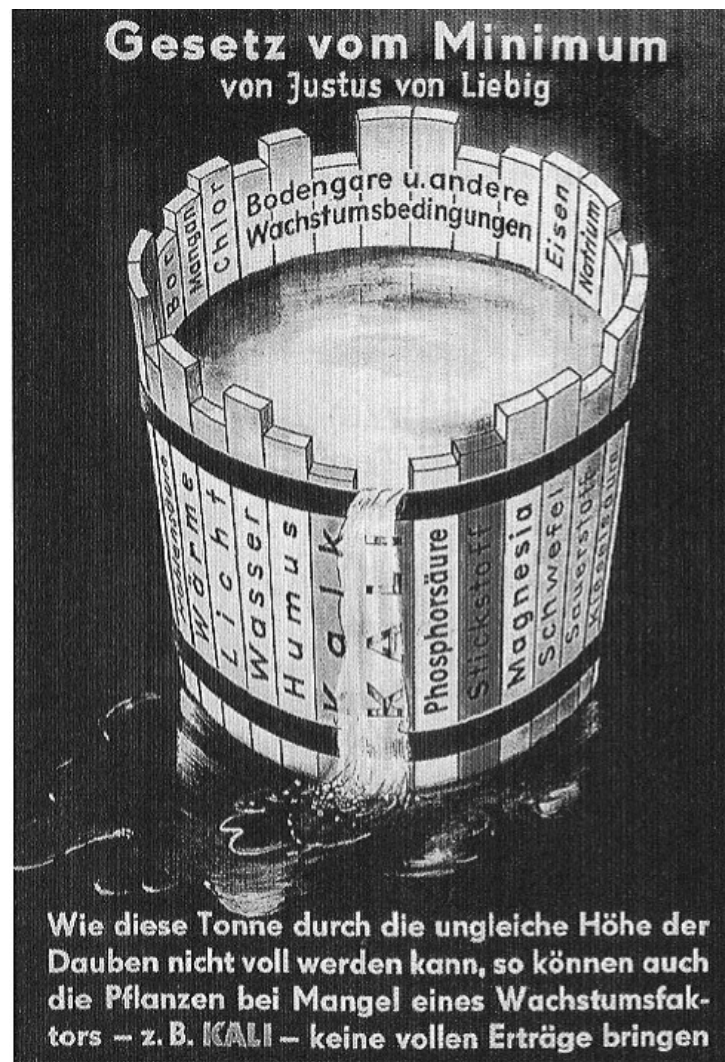
Primjer parazitizma: *buha i pas, šišmiš i žrtva,*

KOMENZALIZAM – međuodnos u kojem jedna vrsta ima pogodnosti, a druga nema koristi ni štete, *orhideje rastu na stablima, ali ne utječu na njih.*

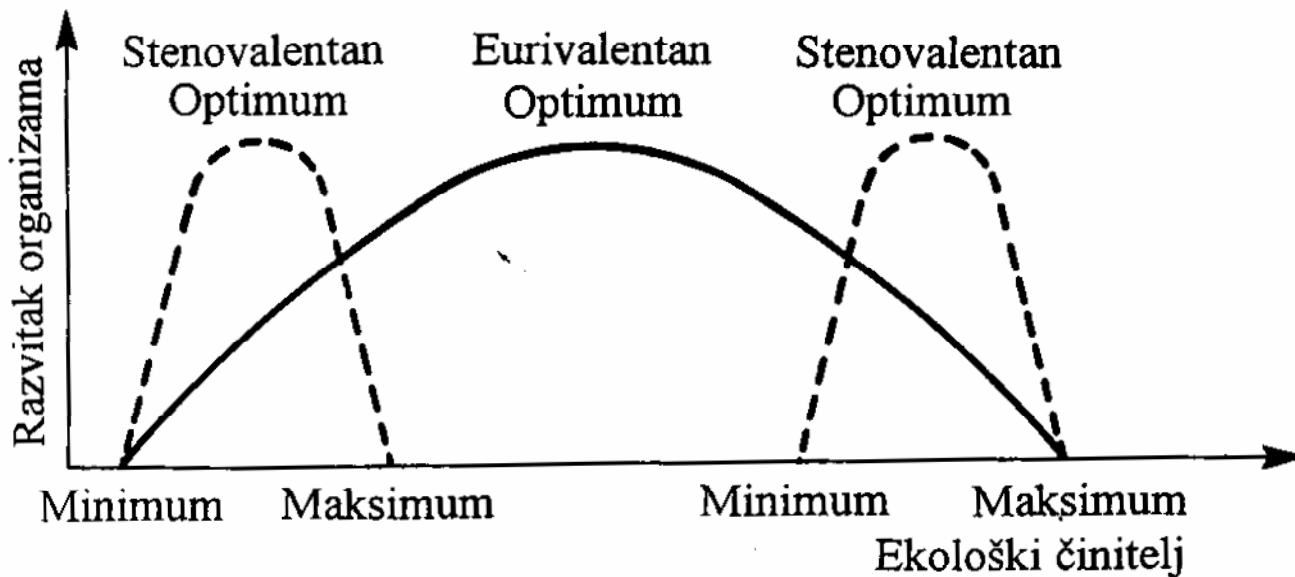
MUTUALIZAM – obvezatni međuodnos u kojem su obje vrste favorizirane, *vjeverica i stablo, alga i gljive, jedno ovisi o drugom*

UTJECAJ EKOLOŠKIH ČINITELJA

**Justus von Liebig
(1840) – pravilo
minimuma**



EKOLOŠKA VALENCIJA



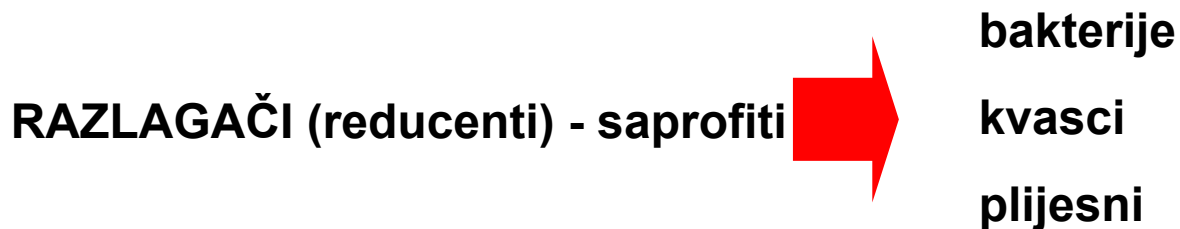
ŽIVOTNA ZAJEDNICA - BIOCENOZA

DINAMIČKI SUSTAV BILJNIH I ŽIVOTINJSKIH VRSTA



PROIZVOĐAČI (producenti) – autotrofne zelene biljke, alge

POTROŠAČI (konzumenti) – biljojedi (fitofagi), mesojedi (zoofagi)
saprofagi (hrane se mrtvom org. tvari)



I biogeni elementi

IIA proizvođači, zelene biljke

IIB proizvođači, fitoplankton

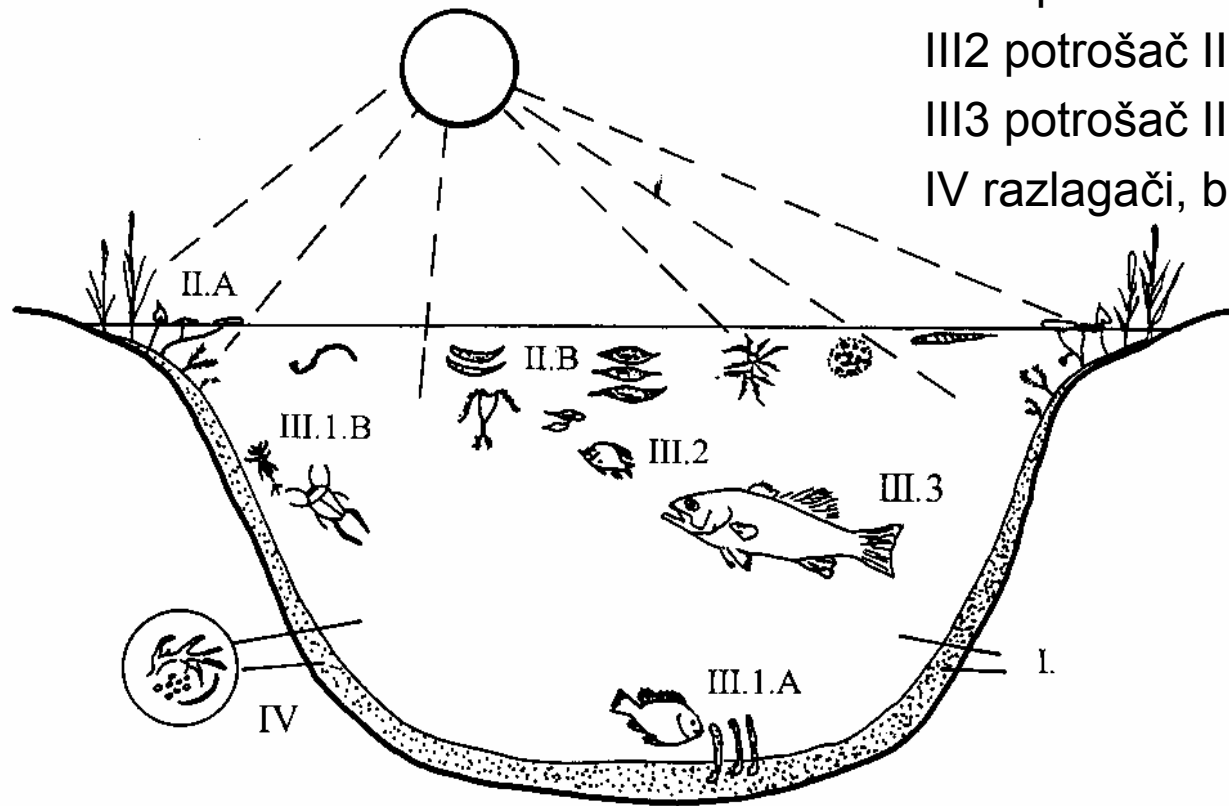
III1A potrošač I. reda, pridnena vrsta

III1B potrošač I. reda, zooplankton

III2 potrošač II. reda (mesojed)

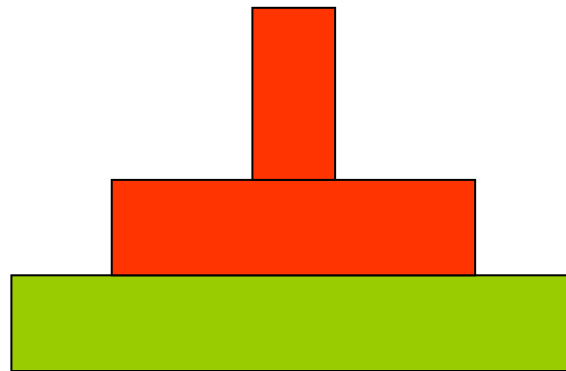
III3 potrošač III. reda (mesojed II reda)

IV razlagači, bakterije, kvasci, plijesni



Prikaz ekosustava ribnjaka

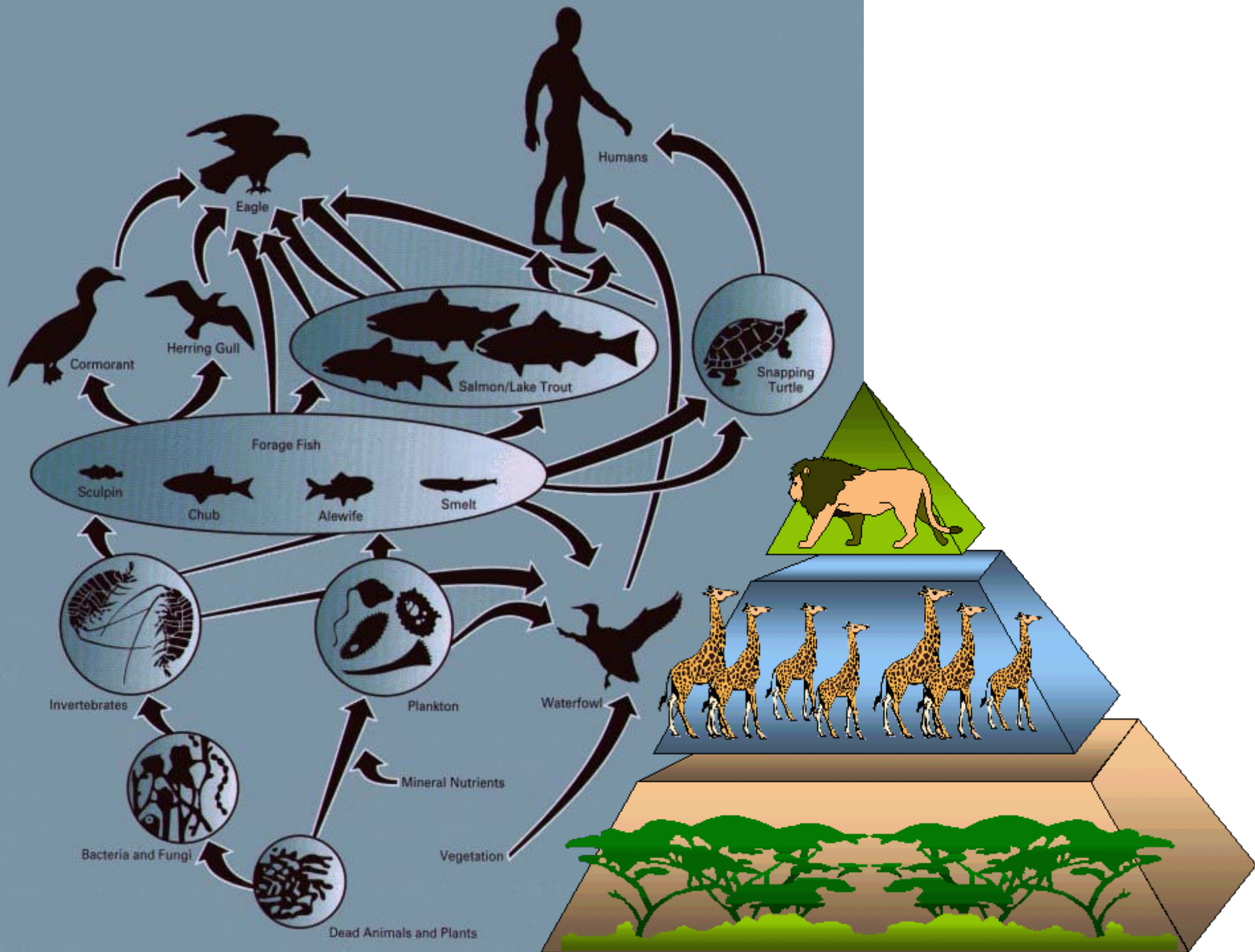
LANCI PREHRANE: PIRAMIDA BIOMASE (ENERGIJE)



POTROŠAČI II REDA

POTROŠAČI I REDA

PROIZVOĐAČI



EKOSUSTAV

ŽIVOTNO STANIŠTE + ŽIVOTNA ZAJEDNICA



PROMJENE U EKOSUSTAVU – SUKCESIJE

ENDODINAMIČKE (unutar sustava)

EGZODINAMIČKE (izvan sustava, **klimatogene**, **edafogene** (promjene zemljišta erozija, razine podzemne vode, **antropogene**, djelovanje čovjeka)



SUSTAV JE U STALNOJ PROMJENI JER JE OTVOREN

DINAMIČKA RAVNOTEŽA POSTIŽE SE SAMO U
SLUČAJU NEPROMJENLJIVOG TOKA ENERGIJE

ŽIVOTNE OBLASTI

KOPNENI VODNI SUSTAVI

LIMNOLOGIJA

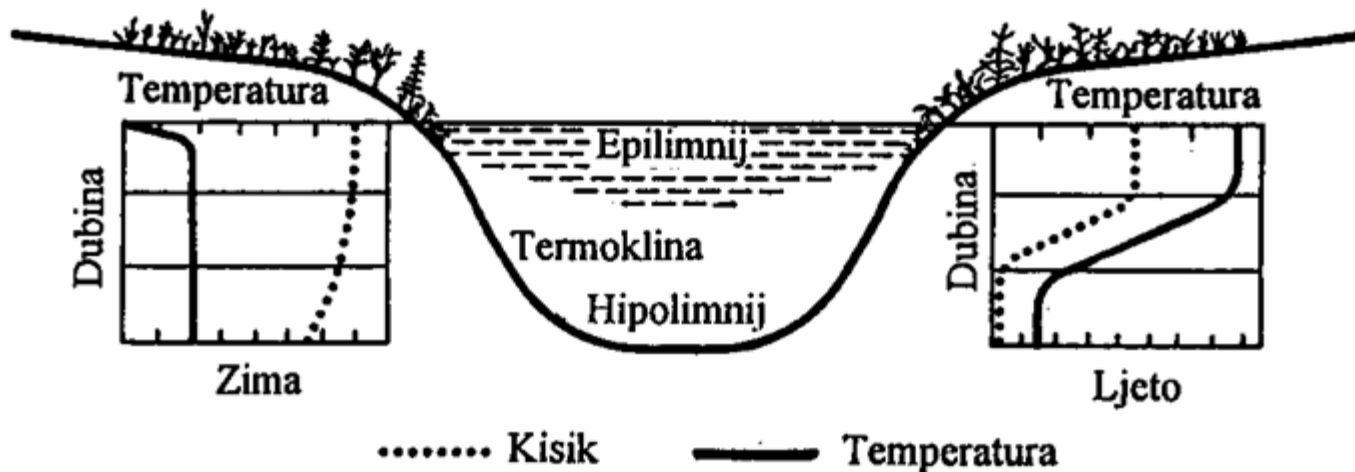
STAJAČICE: (jezera, ribnjaci, bare, močvare)

Uslojenost ili stratifikacija:

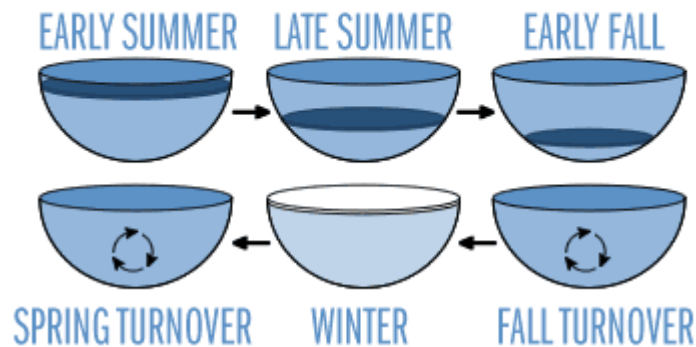
Epilimnij

Hipolimnij

Termoklina ili metalimnij



ANNUAL CYCLE OF THERMAL STRATIFICATION IN A DIMICTIC LAKE



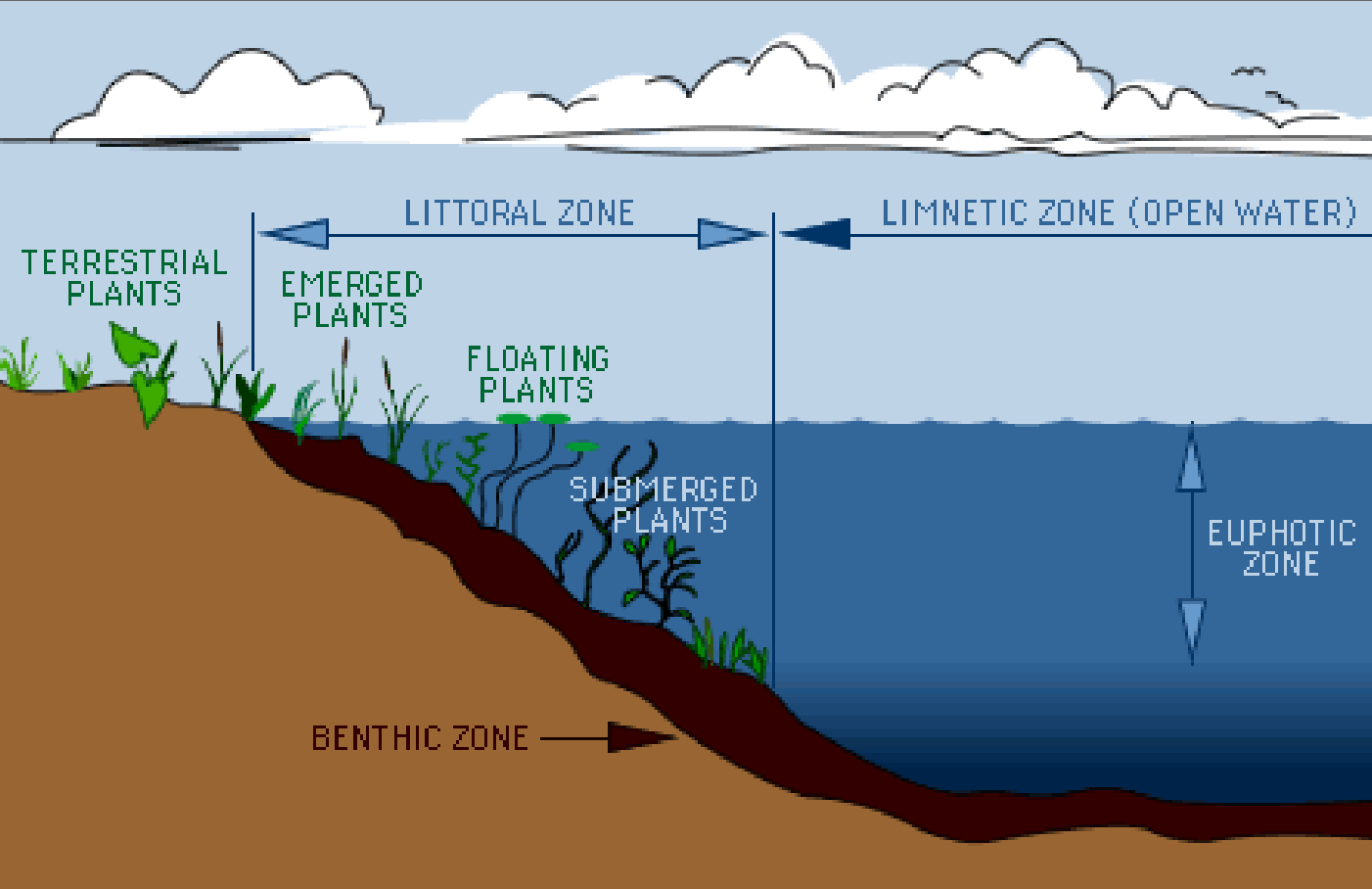
DIMIKTIČKA, MONOMIKTIČKA I AMIKTIČNA POLIMIKTIČNA JEZERA

umjerena klima

subtropska
subpolarna klima

polarna klima

tropska klima



TROFOGENI ILI EUFOTIČKI SLOJ – fotosinteza

TROFOLITIČNI ILI AFOTIČNI SLOJ – neosvijetljeni

Obalno područje ili LITORAL

Površinski sloj ili limnetički pojas

Dubinski sloj ili PROFUNDAL

VODENE SKUPINE ORGANIZAMA:

BENTOS – na dnu i pridnenim naslagama

PERPHYTON – obraštaj

PLANKTON – lebdeći

NEKTON – plivajući

NEUSTON – zadržavaju se na površini

TEKUČICE (potoci, rijeke, kanali)

BRZOTOCI – $v < 2,5$ m/s

MIRNE TEKUČICE – $v < 1$ m/s

Veliki meandri

- mali padovi
- fini substrati



Mali meandri

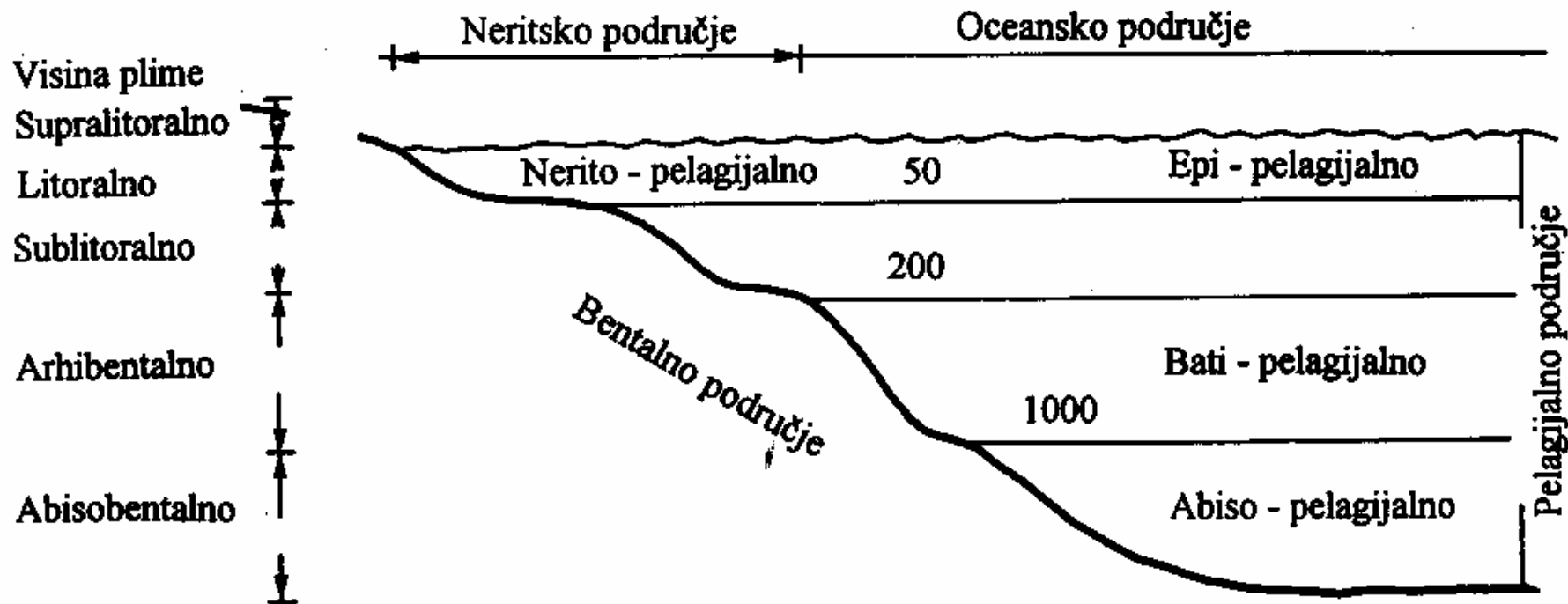
- veliki padovi
- grubi substrati

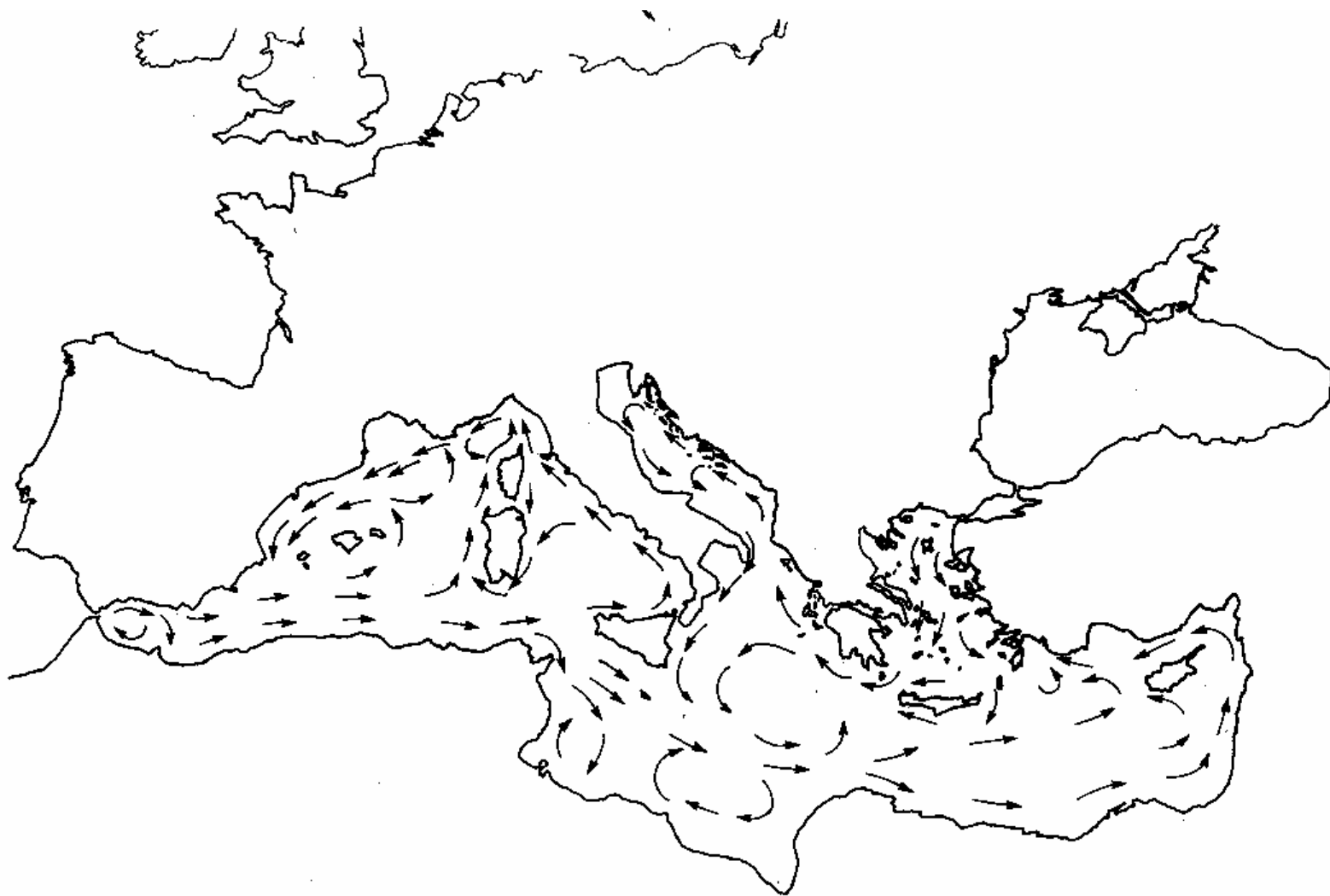


MORE OCEANOGRAFIJA

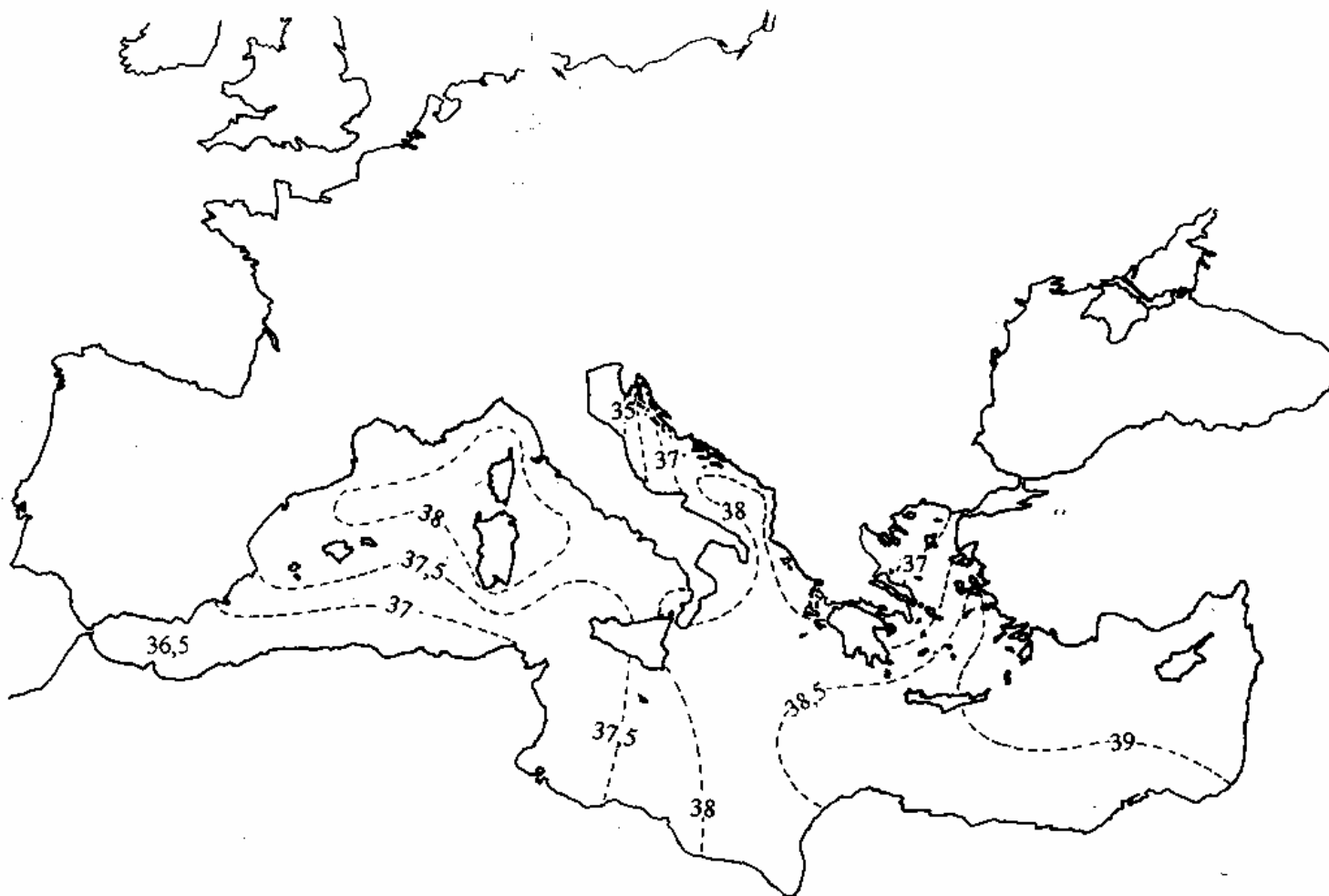
70% POVRŠINE
Hsr = 3800 m

STRUJE INDUCIRANE:
vjetrom,
razlikom u temperaturi i gustoći
vode,
plimom i osekom,
promjenama tlaka,
rotacijom zemlje





Površinske struje u Sredozemnom moru



Slanost Sredozemnog mora – srednje vrijednosti (promil)

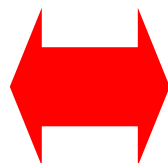
VODA

SVOJSTVA VODE

¹H = PROTIJ

²H = DEUTERIJ D

³H = TRICIJ T

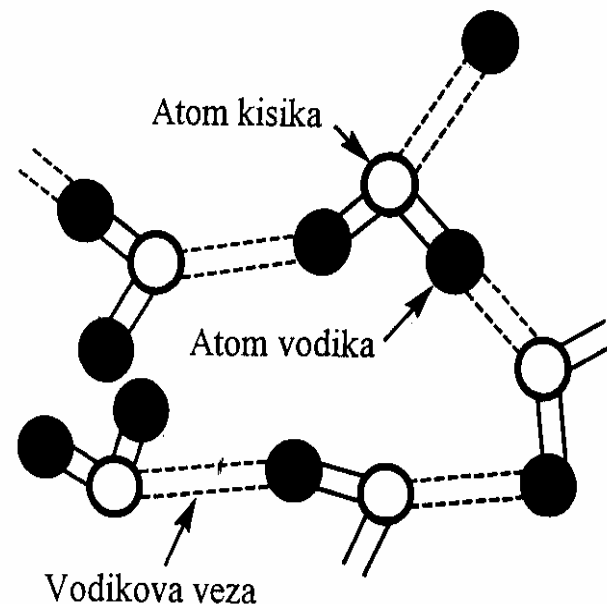


¹⁶O

¹⁷O

¹⁸O

kombinacije izotopa vodika i kisika



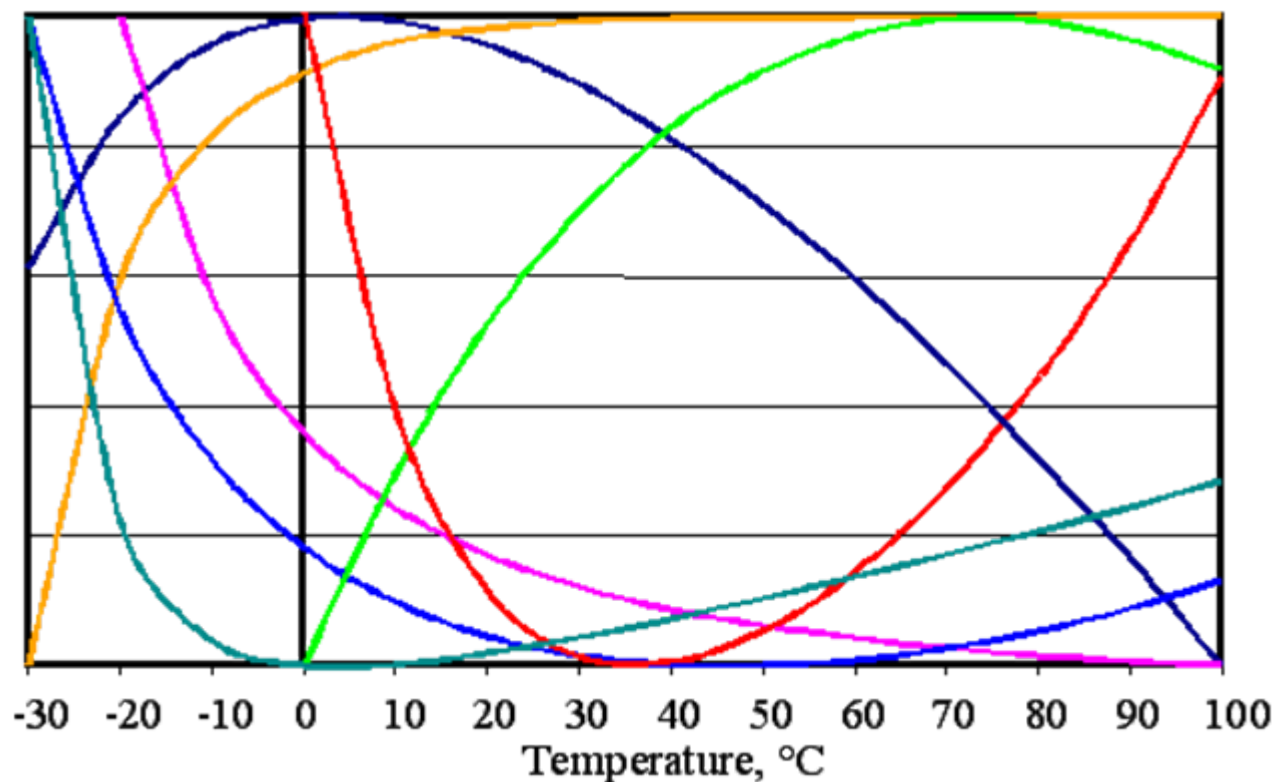
- ☐ Javlja se u sva tri agregatna stanja
- ☐ Vodikovi ioni vezani su kovalentnim vezama za kisik
- ☐ Gustoća se mijenja s temperaturom i tlakom
- ☐ Površinska napetost ovisi o otopljenim tvarima i faznom kontaktu
- ☐ Kapilarnost
- ☐ Specifični toplinski kapacitet
- ☐ Visoka dielektrična konstanta – velika ionizirajuća moć

☐ **Vodikove veze (veza vodika jedne molekule s kisikom druge) manje su od kovalentnih u molekuli.**

☐ **Van der Waalsove kohezijske sile između molekula (manje od vodikovih veza)**

☐ **U plinovitom stanju molekule su slobodno pokretne**

☐ **U krutom stanju kinetička energija molekula je vrlo mala, razmak molekula je veći, pa je obujam veći za 9%.**



**Voda pokazuje
63 anomalije**

**Atipične promjene nekih
osobina vode s temperaturom**

<http://www.lsbu.ac.uk/water/anmlies.html>

- gustoća
- viskozitet
- promjena viskoziteta s tlakom
- stlačivost
- brzina zvuka
- specifična toplina
- termička ekspanzija

FIZIKALNA SVOJSTVA VODE

Svojstvo	H ₂ O	D ₂ O	T ₂ O
Molekularna masa tvari	18,0151	20,0276	22,0315
Točka ledišta (°C) (p=101,3 ·10 ³ Pa)	0,00	3,81	4,48
Točka vrelišta (°C) (p=101,3 ·10 ³ Pa)	100,0	101,42	101,51
Temperatura najveće gustoće (°C) (p=101,3 ·10 ³ Pa)	3,98	11,23	13,4
Najveća gustoća kg/dm ³	1,000	1,1059	1,2150
Gustoća pri T = 25°C	0,99701	1,1044	1,2138
Viskozitet dinamički mPa·s (25°C)	0,8903	1,107	-
Dielektrična konst. T=25°C (p=101,3 ·10 ³ Pa)	78,93	78,06	-
Električna provodljivost (T=20°C) Sm ⁻¹	4,2 · 10 ⁶	-	-
Ionski produkt (T=25°C) mol ² ·l ⁻²	1,008·10 ⁻¹⁴	1,95 ·10 ⁻¹⁵	≈ 6·10 ¹⁶
Konstanta disocijacije (T=25°C) mol·l ⁻¹	1,821 ·10 ⁻¹⁶	3,54 ·10 ⁻¹⁷	≈ 1,1·10 ¹⁷

KEMIJSKA SVOJSTVA

❑ Otapanje – hidrofilne i hidrofobne tvari

❑ Topivost plinova ovisi o parcijalnom tlaku plina i temperaturi. Kod kemijske reakcije, otopivost plinova se znatno povećava:

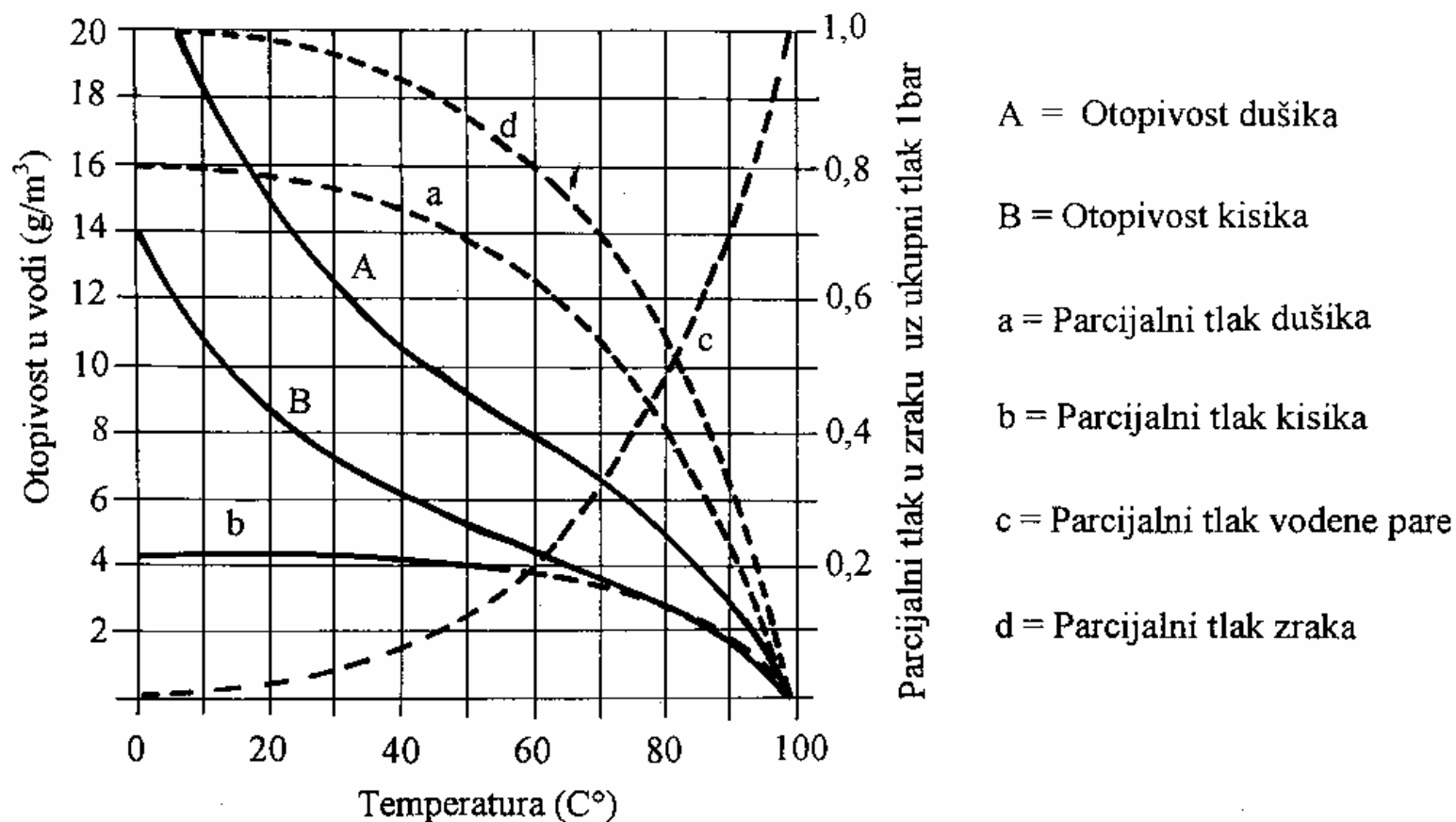


❑ pH faktor = $-\log(\text{H}^+)$

❑ Hidroliza – kemijska reakcija iona otopljenih soli s vodom

❑ Tvrdća vode – ioni karbonata i hidrogenkarbonata vežu se s ionima Ca i Mg, $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2(\text{HCO}_3^-)$

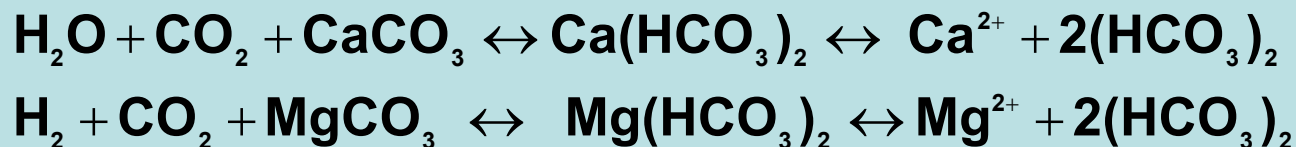
❑ Hidratacija povezivanje molekula vode s ionima soluta



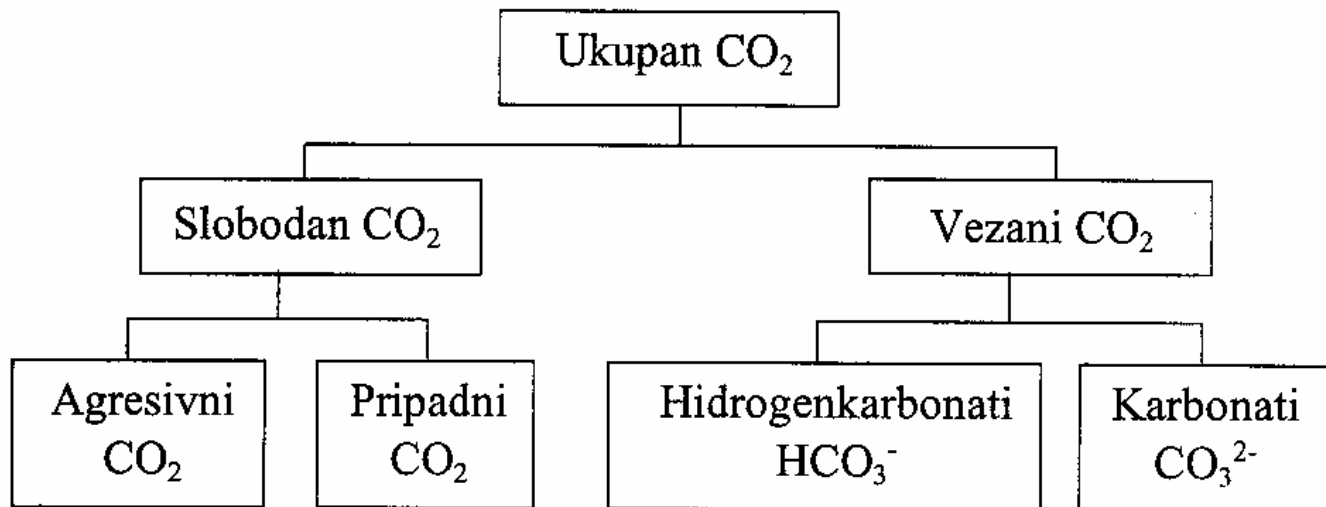
Koeficijenti apsorpcije nekih plinova kod tlaka od 1 bar

TVRDOĆA VODE

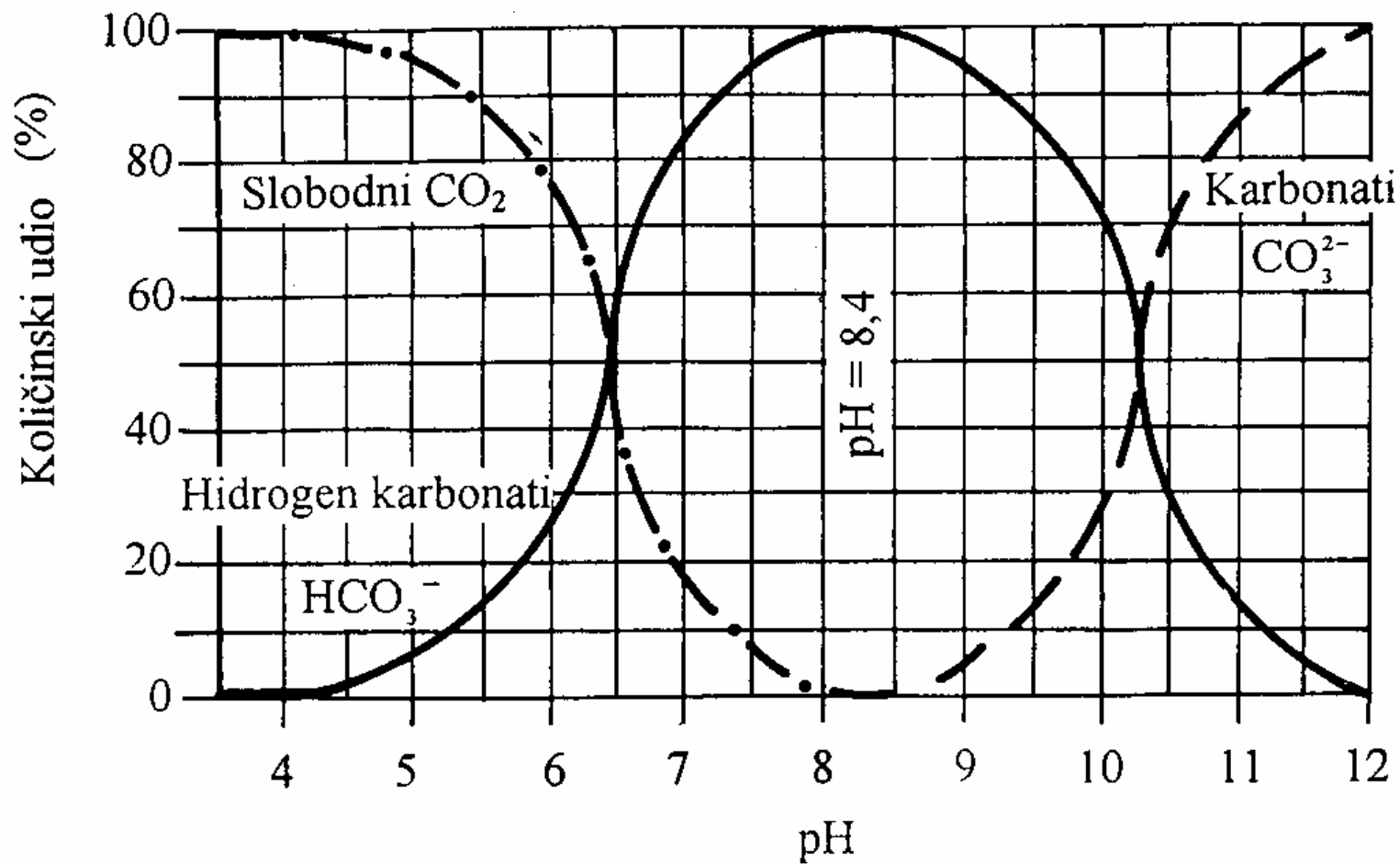
karbonatna ili prolazna tvrdoća



nekarbonatnu ili stalnu tvrdoću čine ostale soli kalcija i magnezija (sulfati i kloridi, nitrati i silikati)



Ugljik-dioksid u vodi



Odnos CO₂, HCO₃⁻ i CO₃²⁻ u vodenoj otopini u ovisnosti o pH

KAKVOĆA VODE

POKAZATELJI:

Fizikalni

Kemijski

Biološki

FIZIKALNI POKAZATELJI KAKVOĆE

- ☐ Raspršena tvar
- ☐ Mutnoća
- ☐ Boja
- ☐ Okus
- ☐ Miris
- ☐ Temperatura

RASPRŠENE TVARI

- ☐ Raspršene ili suspendirane tvari u vodi su organskog i anorganskog porijekla.
- ☐ Onečišćuju estetski ekološki i zdravstveno.
- ☐ Talože se u mirnim vodama ugrožavajući pridneni život (bentos).
- ☐ Smanjuju prozirnost vode.
- ☐ Na njih se adsorbiraju ioni i molekule drugih tvari, naseljavaju kolonije mikroorganizama.
- ☐ Simbol SS (*suspended solids*)
- ☐ Jedinica (mg/l, g/m³)
- ☐ Određuju se laboratorijski

MUTNOĆA

- ☐ Mutnoća vode nastaje od raspršenih tvari, koloida, mikroorganizama, mjehurića plinova.
- ☐ Utječe na dubinu prodiranja svjetlosti (eufotički sloj).
- ☐ Na mutnoću djeluje turbulencija, a naročito ispuštanje otpadnih voda.
- ☐ Kriterij je za određivanje podobnosti vode za piće, kupanje i rekreaciju općenito.
- ☐ Mjeri se turbidimetrima.
- ☐ Jedinica 1NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) ili JTU (*Jackson Turbidity Unit*), 1FTU (*Formazin Turbidity Unit*)
- ☐ Turbidimetri su uređaji kojima se mjeri mutnoća. Oni u principu određuju koji dio svjetla prolazi kroz uzorak vode.

BOJA

- ☐ Boja vode može biti prava i prividna.
- ☐ Prava boja je od otopljenih tvari, a prividna od raspršenih.
- ☐ Najčešći izvor boje je od raspadnute organske tvari, željeza, mangana, industrijskih boja (tekstil, celuloza, papir, kemijski proizvodi).
- ☐ Obojene vode nisu podobne za vodoopskrbu, i za neke industrijske potrebe, u tamnim tonovima bitno smanjuju providnost.
- ☐ Mjeri se fotometrijski.
- ☐ Jedinica mg/l Pt-Co ljestvice.

MIRIS I OKUS

- ☐ **Miris i okus vode često su povezani**
- ☐ **Izvori su posljedica raspadanja organske tvari (naročito alge), industrijske otpadne tvari (fenoli, naftni proizvodi), otopljeni plinovi (sumporovodik), otopljene soli (kloridi, sulfati).**
- ☐ **Čista voda je bez mirisa i okusa**
- ☐ **Voda s mirisom i okusom nije pogodna za piće, a vjerojatno je zdravstveno neispravna.**
- ☐ **Određuje se ljudskim osjetilom mirisa i okusa i opisuje usporedbom s poznatim mirisima – okusima.**
- ☐ **Brojčano se može izraziti “Pragom mirisa ili okusa” koji odgovara obujmu uzorka vode (ml) razrijeđenom u 200ml destilirane vode.**

TEMPERATURA

- ☐ Temperatura vode povezana je s temperaturom okoliša
- ☐ Važna je za održanje života organizama koji nemaju vlastitu termoregulaciju (pojkilotermni organizmi)
- ☐ S temperaturom se mijenja gustoća vode i omogućava uspostava termičke uslojenosti
- ☐ Temperatura vode bitno utječe na dinamiku kemijskih i biokemijskih procesa.
- ☐ Mjeri se termometrima (analognim, digitalnim, živinim, alkoholnim)
- ☐ Jedinica: 1°C (Celzijev stupanj), 1K (Kelvinov stupanj)

KEMIJSKI POKAZATELJI KAKVOĆE VODE

Kemijske primjese u vodama:

- ☐ Koje se nalaze u prirodnim vodama
- ☐ Koje ne pogoršavaju bitno mogućnost uporabe, ali nisu poželjne
- ☐ Koje čine vodu neuporabljivom i otrovnom

U sanitarnom inženjerstvu:

- ☐ Ukupna otopljena tvar
- ☐ pH
- ☐ Alkalitet
- ☐ Tvrdoća
- ☐ Otopljeni plinovi
- ☐ Organska tvar
- ☐ Hranjive tvari
- ☐ Kovine
- ☐ Ostali kemijski pokazatelji

UKUPNO OTOPLJENE TVARI

- ☐ To su tvari iz filtrata, a utvrđuju se isušivanjem na temperaturi 105°C.
- ☐ Izražavaju se u mg/l suhe tvari.
- ☐ Žarenjem na 600°C izgorjet će organske tvari, a ostat će fiksni - anorganski ili *žareni ostatak*.
- ☐ U vodi su u obliku iona molekula i spojeva.
- ☐ Otopljene tvari posljedica su otapanja prolaskom oborina kroz atmosferu, otjecanjem po površini ili podzemljem. Dio su otpadnih voda domaćinstava i industrije.
- ☐ Mjerenjem provodljivosti mogu se utvrditi ukupne otopljene soli u vodi. Na taj se način ne mogu mjeriti spojevi koji ne ioniziraju (organske tvari).
- ☐ Mjera električne provodljivosti $\mu\text{S/cm}$.

KONCENTRACIJA VODIKOVIH ATOMA, pH

- ☐ Pokazuje kiselost ili lužnatost voda.
- ☐ O vrijednosti pH ovise mnogi postupci pročišćavanja.
- ☐ U prirodnim, nezagađenim vodama pH ovisi o odnosu slobodnog CO_2 , karbonatima i hidrogenkarbonatima.
- ☐ Industrijske otpadne vode mogu imati visoke i niske pH vrijednosti.
- ☐ Vode s niskim pH su korozivne.
- ☐ Prirodne vode imaju pH u granicama od 5,5 – 8,6.
- ☐ Visoke vrijednosti pH smanjuju učinak kloriranja pri dezinfekciji vode.
- ☐ pH vrijednost mjeri se pH-metrima elektrometrijskom metodom, ili lakmus trakama.

ALKALITET

Alkalitet određuje količina iona koja neutralizira vodikove ione.

karbonati (CO_3^{2-})
hidrogen – karbonati (HCO_3^-)
hidroksidi (OH^-)
silikati (HSiO_3^-)
borati (H_2BO_3^-)
fosfati (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-)
hidrogensulfidi (HS^-)

Alkalitet prirodnih voda

Nastaje otapanjem mineralnih tvari u tlu i atmosferi.

- ☐ Izražava se u mg/l CaCO_3 , a nije ograničen veličinom za pitke i prirodne vode.
- ☐ Pokazatelj je sposobnosti voda za neutralizaciju kiselina.
- ☐ Alkalitet je važan u postupku biološkog uklanjanja dušika iz otpadnih voda.

TVRDOĆA VODE

- ☐ **Tvrdoću vode određuje koncentracija polivalentnih metalnih kationa u otopini.**
- ☐ **Metalni kationi reagiraju s anionima i tvore tvrdoću.**
- ☐ **Najčešći polivalentni metalni kationi su Ca i Mg. Željezo, mangan, stroncij i aluminij znatno su manje zastupljeni.**
- ☐ **Hidrogenkarbonati i karbonati čine prolaznu ili karbonatnu tvrdoću, a stalnu ili nekarbonatnu sulfidi i kloridi.**
- ☐ **Kod karbonatne tvrdoće, alkalitet vode jednak je tvrdoći.**
- ☐ **Ako je tvrdoća veća od alkaliteta, tada su prisutni kloridi i sulfati kalcija i magnezija.**
- ☐ **Tvrdoća je važna u industrijskim postupcima kad se grije u kotlovima. Grijanjem se izdvaja CO_2 , a taloži “kamenac” na stijenama kotlova. Veći je utrošak energije za grijanje i povećana opasnost od eksplozije.**

- ❑ Tvrdoća se izražava u stupnjevima (njemački, francuski, engleski)
- ❑ 1°njem = 10 mg/l CaO
- ❑ 1°njem = 1,79° fran = 1,25° engl = 1,044° SAD = 17,0 mg CaCO₃

OTOPLJENI PLINOVI

- ☐ U vodi se obično ispituje kisik, ugljik-dioksid i vodik-sulfid i drugi prema potrebi.
- ☐ Kisik dospijeva u vodu otapanjem iz zraka i fotosintezom.
- ☐ Ukupni ugljik-dioksid nalazi se u vodi kao slobodan ili vezan u spojevima hidrogenkarbonata i karbonata.
- ☐ Da bi hidrogen-karbonati bili u otopljenom stanju potrebno je da u vodi postoji dio slobodnog ili “pripadnog” CO_2 . Ostatak je slobodni ili agresivni CO_2 .
- ☐ U kišnici nema hidrogen-karbonata, pa je cijeli CO_2 , agresivni.
- ☐ Kad je ukupan slobodni CO_2 manji od pripadnog, otopljeni hidrogenkarbonati prelaze u netopive karbonate (stvaranje barijera i slapova).
- ☐ Vodik-sulfid u vodi disocira pa nastaje:



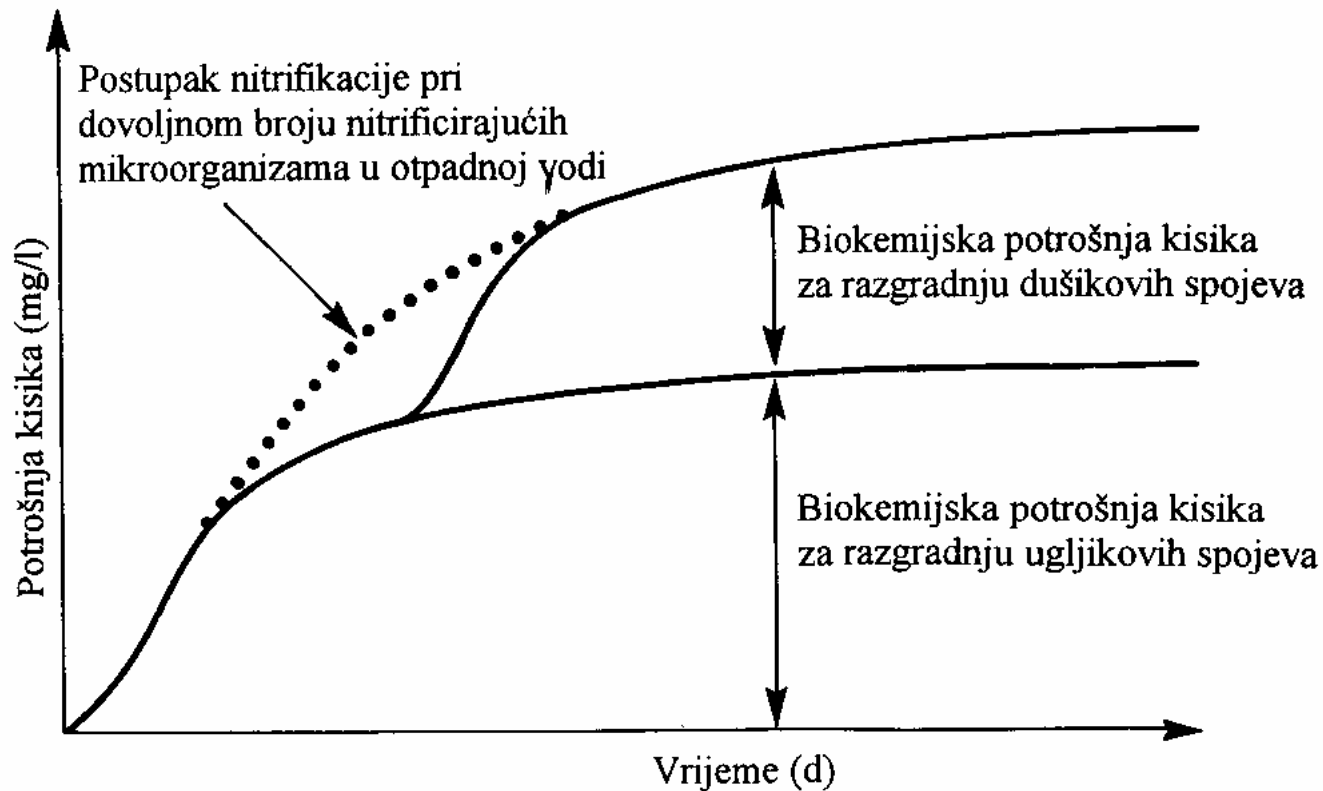
- ❑ Oslobađanje iona vodika snižava pH i povećava agresivnost.**
- ❑ Manje koncentracije kisika od zasićenosti, ukazuju na procese trošenja mikrobiološkom razgradnjom.**
- ❑ U površinskim slojevima s intenzivnom fotosintezom koncentracije mogu biti veće od zasićenosti.**
- ❑ Otopljeni kisik u vodi čini vodu korozivnom za metale.**
- ❑ Slobodni agresivni CO₂ razara betonske konstrukcije kad je koncentracija veća od 15mg/l.**
- ❑ Vodik-sulfid ima vrlo neugodan miris. U zatvorenim kanalima u talogu, vodik-sulfid odnosno sulfid ion S²⁻ pod utjecajem nekih bakterija može se oksidirati u sulfat ion (SO₄²⁻) koji djeluje korozivno na beton.**

ORGANSKE TVARI

- ❑ U vodi se nalaze u otopljenom i raspršenom obliku.**
- ❑ Porijeklo je iz biokemijskih procesa u vodi, ispiranja oborinskim vodama, te iz otpadnih voda industrije i domaćinstava.**
- ❑ Dijeli se na biološki razgradive i nerazgradive tvari.**
- ❑ Najčešći sastav je: 40-60% bjelančevina, 25-50% ugljikohidrata i oko 10% masnoća. U manjem postotku u vodi se nalaze i sintetičke organske molekule: površinski aktivne tvari, hlapljive organske tvari i pesticidi.**
- ❑ U vodi s dosta otopljena kisika odvijaju se aerobni postupci razgradnje, a u suprotnom anaerobni.**
- ❑ Razgradnjom organske tvari povećava se količina ugljik-dioksida čime se snižava pH vrijednost i povećava koncentracije iona željeza i mangana.**

❑ Pokazatelj količine razgradive organske tvari u vodi je biokemijska potreba kisika BPK.

❑ BPK_5 je petodnevna biokemijska potreba kisika pri temperaturi od 20°C . Izražava se u mg/l O_2 .



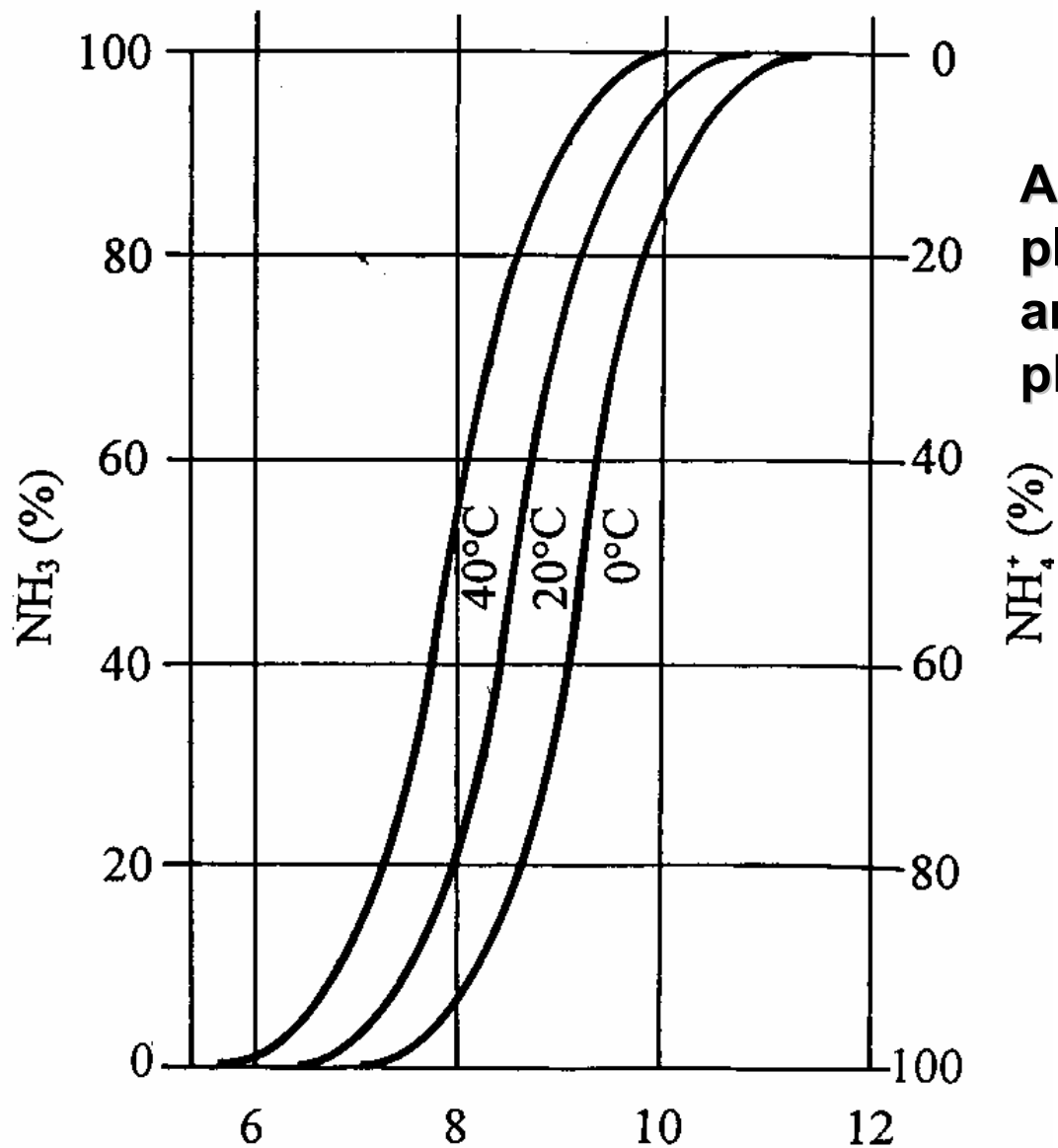
Tijek razgradnje ugljikovih i dušikovih spojeva kod BPK testa

- ❑ Biokemijska oksidacija spojeva ugljika je brza i odvija se i pri nižim temperaturama od 10°C.**
- ❑ Mikroorganizmi koji razgrađuju spojeve dušika, ispod 10°C praktično se ne razmnožavaju, a ako ih nema mnoštvo u sirovoj otpadnoj vodi, treba im, ovisno o temperaturi, nekoliko dana da bi se razvili.**
- ❑ Organske tvari koje se vrlo sporo razgrađuju, ili su potpuno nerazgradive su nerazgradive organske tvari.**
- ❑ U prirodnim vodama ima tanina, lignina, celuloze, a pesticidi i deterdženti su proizvodi kemijske industrije.**
- ❑ Najopasniji pesticidi su organoklorni (aldrin, dieldrin, lindan, DDT) koji se gomilaju u hranidbenim lancima.**
- ❑ Poliklorirani bifenili (PCB) nalaze su u pesticidima, ali i u otpadnim industrijskim vodama (plastične mase, boje, lakovi, elektroizolacijski materijali).**
- ❑ Deterdženti sprečavaju rast jednostaničnih algi i ometaju stvaranjem pjene postupke pročišćavanja. Smetnja je veća kod kationskih nego kod anionskih i neionskih tipova.**

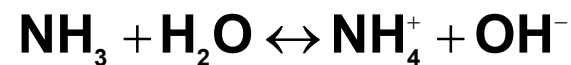
- ❑ Deterdženti na bazi lineranih alkil-sulfonata (LAS) su biološki razgradivi i čine manje smetnje od alkil-benzen-sulfonata (ABS).**
- ❑ Male količine fenola daju vodi neugodan miris, posebno kad se dezinficira klorom.**
- ❑ Derivati nafte se vrlo sporo razgrađuju. Dolaze u prirodne vode iz industrije, rafinerija i ispiranjem prometnih površina. Stvaraju tanki film na vodi koji sprečava transfer kisika. Halogenirani i aromatski ugljikovodici opasni su za ljudsko zdravlje, a neki su i kancerogeni.**
- ❑ Kemijska potrošnja kisika –KPK- izračunava se iz potrošnje oksidacijskog sredstva (KMnO_4 ili $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Izražava se u mg/l O_2 . Za razliku od biološke potrebe kisika, kemikalije nemaju preferenciju prema vrstama organskih spojeva i oksidiraju ih neselektivno. Stoga je KPK uvijek veći od BPK.**
- ❑ Nerazgradive i razgradive organske tvari mogu se odrediti i iz testa ukupnog organskog ugljika (TOC).**
- ❑ Plinskom kromatografijom mogu se identificirati posebni, rijetki organski spojevi.**

HRANJIVE TVARI - BIOSTIMULATORI

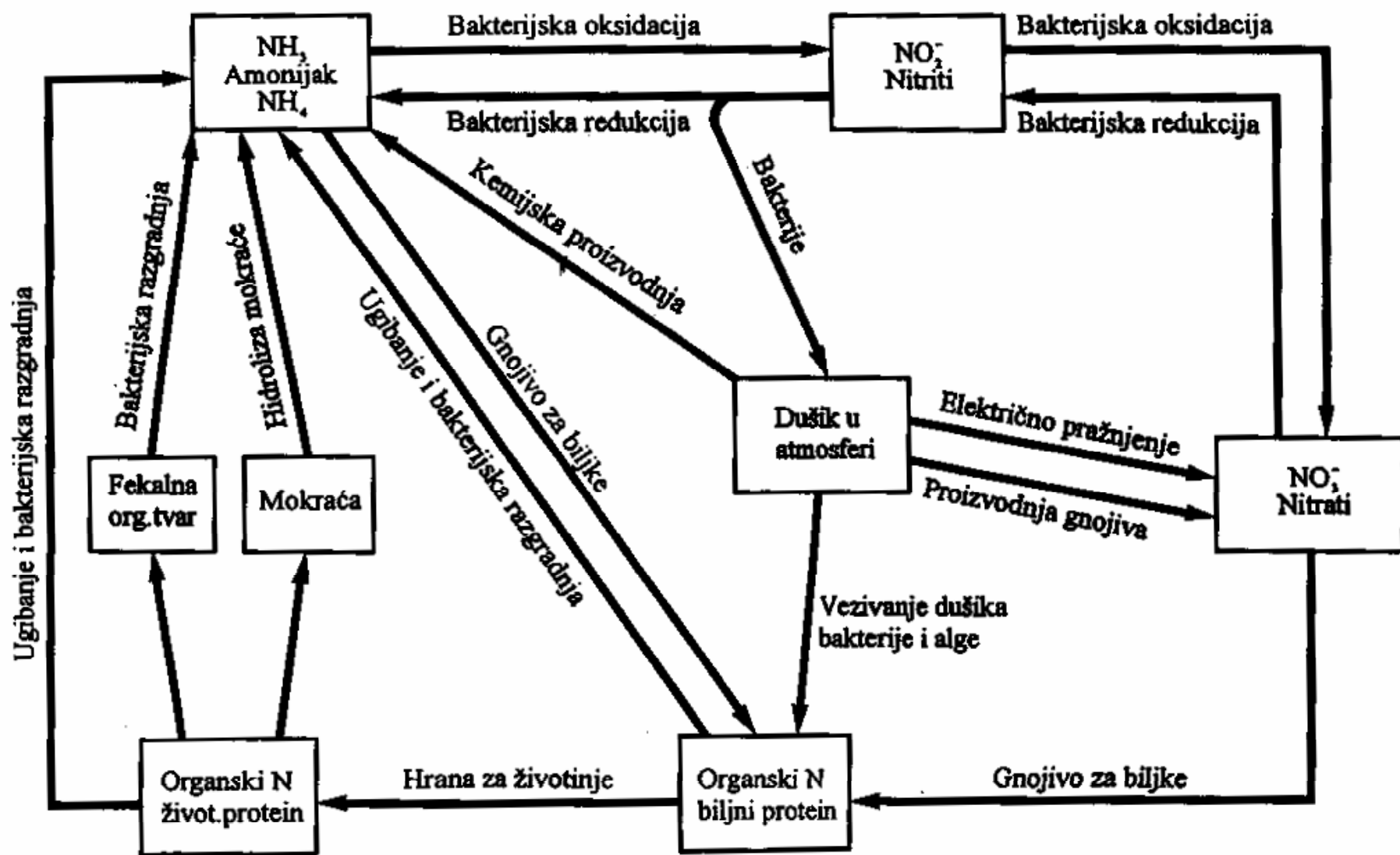
- ☐ Biostimulatori su tvari potrebne za primarnu proizvodnju (alge, zelene biljke).
- ☐ Dušik i fosfor su obično ograničavajući činitelji rasta.
- ☐ Dušik kao plin nalazi se u atmosferi, ali ga samo neke alge, bakterije i biljke mogu direktno fiksirati iz zraka.
- ☐ Većina, kao hranjivo raspoloživog dušika, nalazi se u vodi i proizvod je razgradnje organske tvari. Dodatni dušik unosi se u vode ispiranjem poljoprivrednih zemljišta gdje se koriste umjetna dušična gnojiva.
- ☐ Uz prisustvo kisika u vodi dušik se od amonijaka razgrađuje bakteriološki do nitrita i nitrata = nitrifikacija.
- ☐ Bakterije koje obavljaju nitrifikaciju su autotrofi i aerobi. Za oksidaciju 1mg dušika od amonijaka do nitrata potrebno je 4,57 mg kisika.
- ☐ Ako u vodi potrošnjom nestane kisika stvaraju se anaerobne (anoksične) prilike i počinju mikrobiološki procesi denitrifikacije (heterotrofne bakterije anaerobne).



Amonijak NH₃ se kao otopljeni plin nalazi u vodi u ravnoteži s amonij-ionom NH₄⁺, što visi o pH vrijednosti i temperaturi.



Utjecaj pH i temperature na odnos NH₃ i NH₄ u vodi



Kruženje dušika

Denitrifikacija može biti:

disimilativna redukcija = redukcija nitrita i nitrata u dušik uz prisustvo ugljikove tvari i amonijaka u tragovima

asimilativna redukcija = bez amonijaka, kada se nitrati i nitriti reduciraju u amonijak koji heterotrofima služi za izgradnju novih stanica.

- ☐ Organski dušik i amonijak nisu u vodi povoljni, jer troše kisik, a amonijak djeluje korozivno.
- ☐ Nitrati u vodi otrovni su za mlade životinje i djecu – methemoglobinemija – plavo dijete.
- ☐ Amonijak u vodama upućuje na svježije onečišćenje, a nitrati na staro.
- ☐ Porijeklo nitrita i nitrata može biti i posljedica geološko-kemijske aktivnosti u podzemlju.
- ☐ Koncentracija dušikovih spojeva izražava se u mg/l N.

- ☐ Fosfor u vodu može dospjeti otpanjem fosfatnih stijena, otpadnim vodama kućanstva i industrije, te ispiranjem zemljišta, naročito poljoprivrednog.
- ☐ Nalazi se u obliku organskog fosfora, ortofosfata i polifosfata.
- ☐ Za postupke fotosinteze, biljke koriste ortofosfate: PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4)
- ☐ Povećana koncentracija fosfora u prirodnim vodama, naročito stajaćicama, upućuje na intenzivnu primarnu proizvodnju – eutrofikaciju.
- ☐ Koncentracija spojeva fosfora izražava se u mg/l P.

- ❑ Kovine su u vodama iz otopljenih minerala i ispiranja zemljišta, ali isto tako iz otpadnih voda industrije, kućanstava i poljoprivrede.
- ❑ Kovine su u vodama nepoželjne, a mogu se podijeliti na neotrovne i otrovne.
- ❑ Teške kovine (kojima je gustoća barem pet puta veća od vode su sve redom otrovne.
- ❑ Neotrovne kovine kao Na, Fe, Mn, Al Cu i ZN u malim su količinama nužne za život organizama. Uz Ca i Mg nalaze se u prirodnim vodama.
- ❑ Soli željeza i mangana nalaze se u podzemnim vodama te na dnu stratificiranih jezera. Kad nema dovoljno otopljenog kisika MN i Fe su otopljeni u ionskom obliku Fe^{2+} i Mn^{2+} . Uz dosta kisika željezo oksidira u Fe^{3+} i prelazi u netopljive spojeve željeznog hidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
- ❑ U mnogih kovina su slobodni ioni opasniji od spojeva (Cd, Cu, Zn), dok su neke kovine opasnije u spoju s organskim tvari (živa u metil-živi, olovo u tetraetil-olovu).

❑ **Otrovne kovine koje mogu biti otopljene u vodi su: As Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Ag, a posebno su opasne As, Cd, Hg i Pb.**

❑ **Iz prakse sa zagađenjem industrijskim otpadnim vodama, poznata su trovanja teškim kovinama:**

❑ **minamata** trovanje živom, grad Minamata – Japan (3000 žrtava). Izvor žive: kemijska tvornica Chisso. Prvi slučajevi 1956. god. Tek je 1968. vlada službeno priznala postojanje bolesti.

❑ **itai-itai**, trovanje kadmijem, sliv rijeke Jinzu - Japan. Izvor kadmija rudnici srebra, zlata, olova, bakra i cinka. Prvi slučajevi 1912.god.

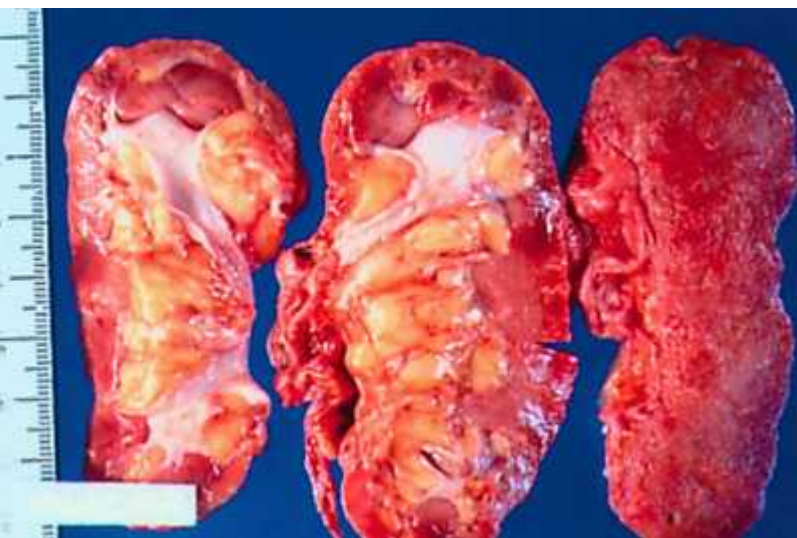
❑ **Koncentracije kovina u vodi izražavaju se u mg/l, μ g/l, a određuju se atomskom apsorpcijom i spektrofotometrijom.**



Žrtva trovanja kadmijem



Žrtva minamata trovanja



Bubrezi uništeni djelovanjem kadmija.

BIOLOŠKI POKAZATELJI KAKVOĆE VODE

Biološko stanje voda temelji se na međusobnim utjecajima životnih zajednica i staništa, odnosno promjenama koje nastaju kao posljedica izmijenjenih abiotskih činitelja.

Životne zajednice poremećenih ekosustava sastavljene su od malobrojnih vrsta s brojnim jedinkama.

Najčešći biološki pokazatelji kakvoće vode su:

STUPANJ SAPROBNOSTI

STUPANJ BIOLOŠKE PROIZVODNJE

MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI

STUPANJ OTROVNOSTI

INDEKS RAZLIKE

STUPANJ SAPROBNOSTI

Promjenljivi uvjeti staništa utječu na životne zajednice, tako da svaki skup karakterističnih uvjeta staništa predstavlja karakteristična životna zajednica.

Promatranjem životnih zajednica prema broju vrsta i njihovoj populaciji, može se zaključiti o kakvoći vode.

Stupnjevi saprobnosti, Liebmann 1942.

oligosaprobn

beta-mezosaprobn

alfa-mezosaprobn

polisaprobn

Oligosaprobnu zonu karakterizira dovoljno otopljenog kisika, velika prozirnost i mali broj bakterija (<od 100 u 1cm³). Organizmi su osjetljivi na promjene pH, koncentracije kisika i sadržaj organskih tvari. To su planinski potoci i jezera.

Beta-mezosaprobna zona je malo onečišćena, ali još uvijek aerobna. Prozirnost je značajna, a ukupni broj bakterija je manji od 100.000 u 1cm³. To su veća jezera i donji tokovi nezagađenih rijeka.

Alfa-mezosaprobne vode su vode onečišćene organskom tvari. Zbog intenzivne primarne proizvodnje i razgradnje koncentracija otopljenog kisika je neujednačena. Ukupni broj bakterija je veći od 100.000 u 1cm³, prozirnost je smanjena, a u vodi je prisutan veliki broj algi, te protozoa. Alfa-mezosaprobi su prilagođeni promjenama pH i kisika, nisu osjetljivi na amonijak ali su osjetljivi na vodik-sulfid.

***Polisaprobne* vode jako su onečišćene. Prevladavaju pretežito anaerobni uvjeti. Kao proizvod truljenja pojavljuje se vodik-sulfid koji se osjeća po mirisu. Voda je mutna i obojena. Ukupni broj bakterija je veći od 150.000 u 1cm³, a *polisaprobi* su otporni na vodik-sulfid, amonijak, kolebanja pH vrijednosti i male koncentracije kisika. To su jako onečišćeni vodotoci, dijelovi potoka i rijeka nizvodno od ispusta otpadnih voda.**

Saprobni indeks

Metoda Pantle-Bucka temelji se na ispitivanju svih živih organizama životne zajednice. Organizmi se određuju prema kvaliteti, prema sastavu i količinski prema broju jedinki. *Saprobni indeks* određuje se prema:

$$S = \frac{\Sigma(s \cdot h)}{\Sigma h}$$

s saprobiološka vrijednost svake vrste (od 1-4)

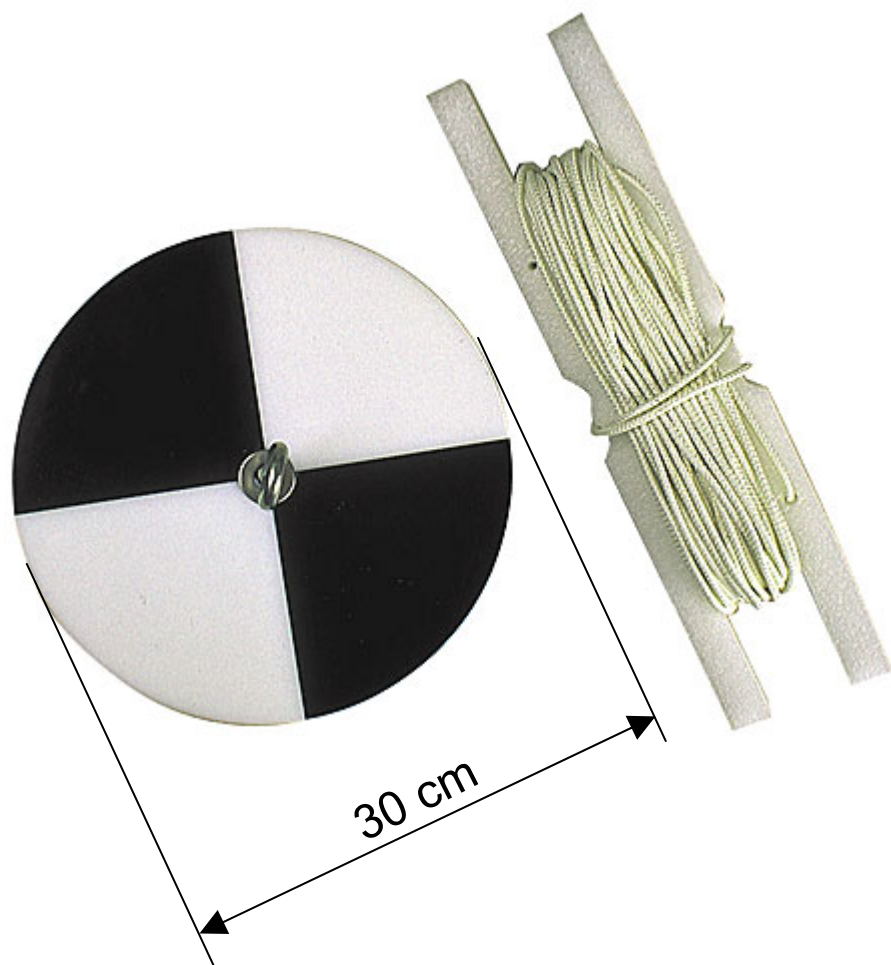
h količinska zastupljenost vrste u vodi, malobrojne do brojne (od 1-9)

Stupanj saprobnosti	Saprobni indeks "s"
Ksenosaprobn	0,0 – 0,5
Oligosaprobn	0,5 – 1,5
Beta-mezosaprobn	1,5 – 2,5
Alfa-mezosaprobn	2,5 – 3,5
Polisaprobn	3,5 – 4,0

Odnos stupnja saprobnosti i indeksa saprobnosti

STUPANJ BIOLOŠKE PROIZVODNJE

- ❑ Ovisi o raspoloživoj hrani.
- ❑ Naumann je 1919. označio oligotrofne vode siromašne, a eutrofne bogate hranjivim solima.
- ❑ Trofikacija se u prirodnim sustavima zbiva donošenjem hranjivih tvari sa sliva, te kruženjem biogenih tvari u sustavu.
- ❑ Poremećaji u hranjenju obično nastaju djelovanjem čovjeka - ispuštanjem otpadne tvari - kulturna ili antropogena eutrofikacija.
- ❑ Pokazatelji trofičkog stanja su:
 - ukupni fosfor* (mgP/m³)
 - klorofil-a* (mg/m³)
 - ukupan broj stanica* (broj/l)
 - organska proizvodnja* gC/m²/god
 - prozirnost* (m) (Secchi disk)



1865. god. fra. Pietro Angelo Secchi



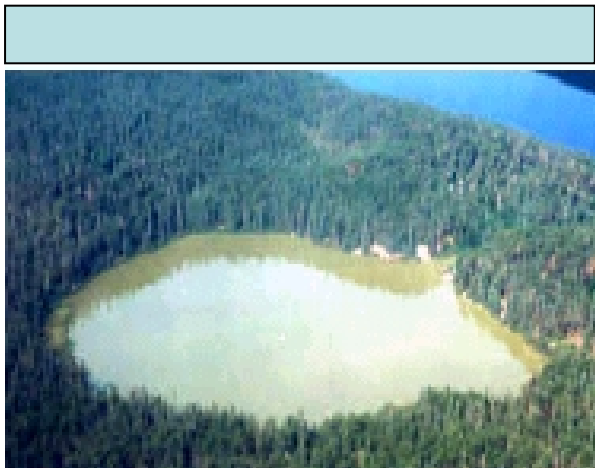
Stupanj trofije	Ukupan fosfor (mgP/m ³)	Klorofil-a (mg/m ³)		Prozirnost (Secchi) (m)	
		srednje	max	srednje	max
Ultraoligotrofan	≤ 4,0	≤ 1,0	≤ 2,5	≥ 6,0	≥ 12,0
Oligotrofan	≤ 10,0	≤ 2,5	≤ 8,0	≥ 6,0	≥ 6,0
Mezotrofan	10 - 35	2,5 - 8	8 - 25	3 - 1,5	6 - 3
Eutrofan	35 - 100	8 - 25	25 - 75	1,5 - 0,7	3 - 1,5
Hipertrofan	≥ 100	≥ 25	≥ 75	≤ 0,7	≤ 1,5

Pokazatelji trofičkog stanja voda stajačica

Pokazatelj	Stupanj trofije			
	Oligotrofan	Mezotrofan	Eutrofan	Hipereutrofan
Prozirnost (m)	>10	3-10		<3
Obojenost	rijetka	povremena		uobičajena
Zasićenost kisikom				
- na površini	80 – 100	80 – 100		100 – 200
- pri dnu		30 – 80		0 – 30
Ukupan anorg. N (mmol/m ³)	< 30	30 – 140		140 – 1400
Ukupan P (mmol/m ³)	< 10	10 – 20	20 – 40	> 40
Klorofil-a mg/m ³	< 1	1 – 5	5 – 10	> 10
Mikrofitoplankton br.stan./l	< 10 ³	10 ³ – 10 ⁶	10 ⁶ – 10 ⁸	> 10 ⁶

Pokazatelj eutrofikacije Jadranskog mora

Prije eutrofikacije



Nakon eutrofikacije



Eutrofizirana jezera



- ☐ U vodi stalno žive razlagači (*saprofagi*) i proizvođači (*producenti*). U vode ispiranjem ili ispuštanjem otpadnih voda dolaze mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja.
- ☐ Neki od tih MO su patogeni.
- ☐ Mikroorganizmi fekalnog porijekla odumiru u prirodnim vodama, zbog promjena uvjeta staništa (temperatura, pH, UV zračenje, predatori i dr.).
- ☐ Pojedinačno određivanje MO u vodi je skup i dugotrajan postupak. Traže se MO koji su indikatori određene vrste bakteriološkog zagađenja.
- ☐ *Ukupni koliformi* i *fekalni koliformi* su najčešći indikatorski MO. Sastavni su dio crijevne flore i u njima ne izazivaju bolest, već samo ako dospiju u tkiva izvan probavnog sustava.

- ❑ Pod **ukupne koliforme** spadaju MO kao što su ***Escherichia coli*** iz probavnog sustava, a ***Enterobacter***, ***Serratia marcescens***, ***Providencia*** i dr. mogu potjecati iz tla.
- ❑ **Fekalni koliformi** preciznije određuju mjesto nastanka i obuhvaćaju MO samo iz probavnog trakta.
- ❑ ***Streptococcus faecalis*** je također indikator fekalnog zagađenja.
- ❑ Broj indikatorskih organizama označava se kao najvjerojatniji broj ili kao broj utvrđen membranskom filtracijom.
- ❑ Istražuju se indikatorski MO koji bi bili pouzdaniji od koliformnih, a jednostavniji za određivanje od nekih patogenih, npr. virusa.
- ❑ **Bakteriofagi (kolifagi)** su se pokazali kao dobar indikator za određivanje patogenih MO. Oni su virusi određenih vrsta bakterija. Otporni su i duže preživljavaju u vodi. Mogli bi poslužiti za utvrđivanje zdravstvene ispravnosti vode, naročito kad je zagađenje malo i kad je teško izolirati uzročnika zagađenja.

Patogeni organizam	Bolest
Bakterije: <i>Salmonela paratyphi (A,B,C)</i> <i>Salmonela typhi</i> <i>Shigellae vrste</i> <i>Vibrio cholearae</i> <i>Leptospirae</i> <i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	paratifus tifus dizenterija kolera leptirospiroza tuberkoloza infekcije rana, oka, meningitis
Vrusi: <i>Poliovirus</i> <i>Echovirus</i> <i>Coxsackievirus (A,B)</i> <i>Hepatitis A</i> <i>Rotavirus</i> <i>Adenovirus</i>	paraliza meningitis meningitis, dišne bolesti meningitis, dišne bolesti, groznice miokarditis infektivna žutica povraćanje, proljev, dišne bolesti, očne infekcije
Protozoe: <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i>	amebijaza lamblijaza
Helminti: <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Ankylostoma duodenale</i> <i>Echinococcus</i> <i>Schistosoma</i>	askaridoza ankilostomoza ehinokokoza shistosomoza

Bolesti koje se prenose vodom

STUPANJ OTROVNOSTI

- ☐ **Otrovna je svaka tvar koja u živom organizmu izaziva bolest, nenormalno vladanje i genetičke promjene, fiziološke smetnje, fizičke deformacije i smrt.**
- ☐ **Najčešći izvori otrovnih tvari su iz industrije naročito kemijske.**
- ☐ **Otrovne tvari ugrađuju se u stanična tkiva i putuju i nagomilavaju se u hranidbenom lancu. Negativno djelovanje može se vidjeti tek nakon više godina.**
- ☐ **Stupanj otrovnosti određuje se biotestom:**
 - Utvrđuje se koncentracija tvari kad ugiba 50% ispitanih organizama (srednja smrtonosna koncentracija – LC_{50})**
 - Najveća koncentracija kad se ne opaža učinak na ispitivane organizme tijekom 96 sati (srednja granica podnošljivosti LT_m)**

- ❑ Posebnu pozornost treba obratiti odabiru indikatorskih vrsta i na fizikalno-kemijske uvjete biotesta.**
- ❑ Vrijednosti TL_m pokazuju samo akutnu otrovnost otpadne tvari u laboratorijskim uvjetima i ne potvrđuju da isti rezultat vrijedi u nekom drugom vodnom ekosustavu.**
- ❑ Rijetko se primjenjuju biotestovi u razdoblju od 30 do 200 dana kojima bi se utvrdilo dugotrajno djelovanje malih koncentracija – trajna otrovnost.**
- ❑ Na mjestima ispusta pročišćenih/nepročišćenih otpadnih voda postavljaju se spremnici s indikatorskim vrstama riba/vodnih organizama, ne temelju čijeg se ponašanja može procijeniti učinkovitost pročišćavanja, odnosno sanitarna ispravnost vode.**

INDEKS RAZLIKE

To je matematički izraz za strukturu životne zajednice

Polazi se od pretpostavke da je u životnoj zajednici zastupljen određen broj vrsta odgovarajuće populacije.

U poremećenim sustavima doći će do *sukcesija vrsta* (smanjenje broja vrsta, povećanje populacije).

Indeks će imati maksimum, ako svaki organizam pripada drugoj vrsti, a minimum, ako su svi organizmi iste vrste.

$$H' = \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N}$$

N_i broj organizama i-te vrste

N ukupan broj organizama

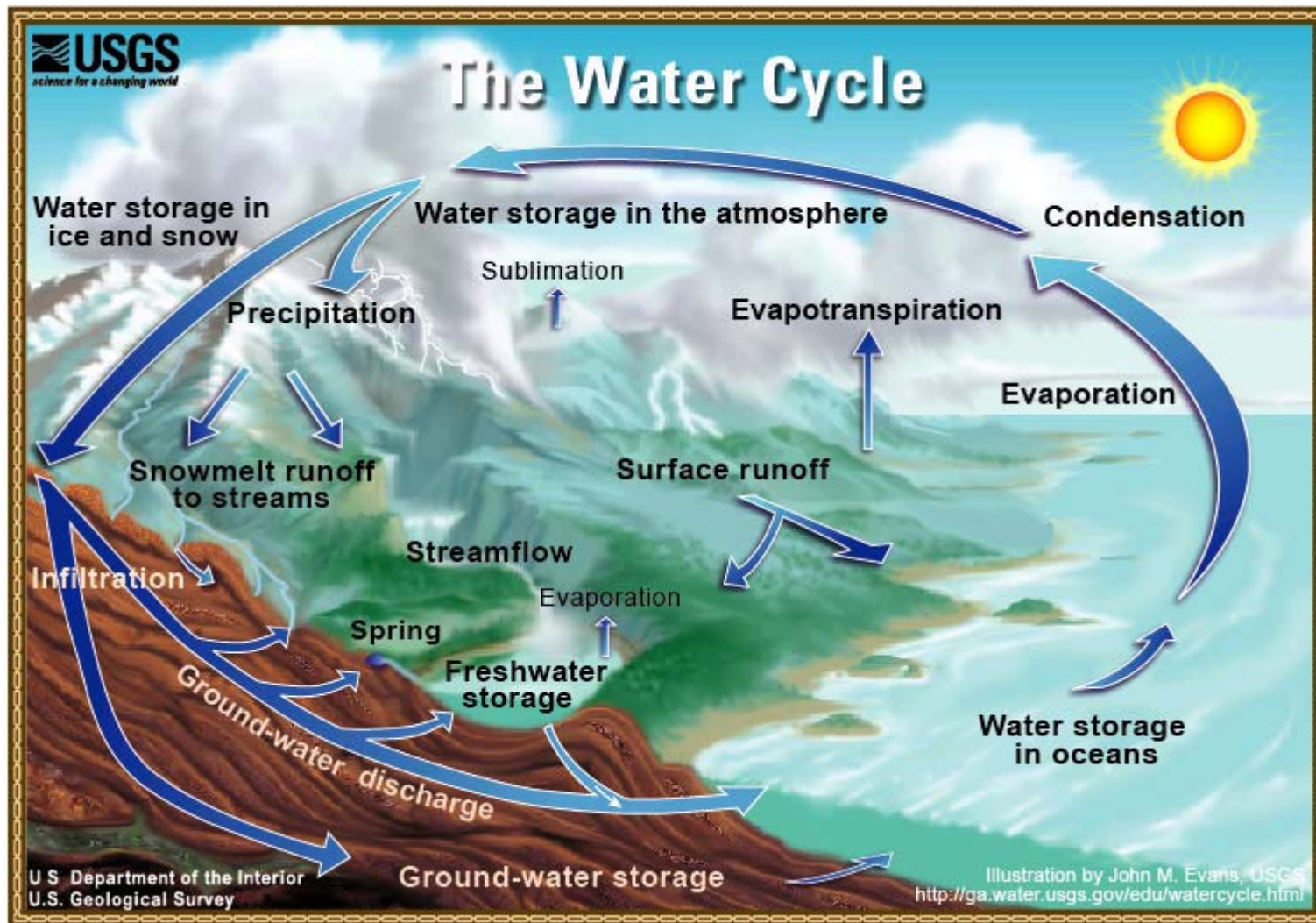
s ukupan broj vrsta

$H' < 1$ - veliko onečišćenje

$H' = 1 - 3$ - umjereno

$H' > 3$ - čista voda

PROMJENE KAKVOĆE VODE



Ciklus – kruženje vode na Zemlji

VODA NA ZEMLJI

Lokacija	Količina 10 ³ km ³	Postotak od ukupnih zaliha
<i>Atmosfera (vodena para)</i>	13,0	0,001
<i>Hidrosfera</i>		
Oceani	1.350.400,0	97,583
Kopno:	26.431,7	1,910
rijeke	1,7	0,00012
slatka jezera	125,0	0,009
slana jezera	105,0	0,00758
vlaga tlu	150,0	0,0108
voda u biomasi	50	0,0044
ledenjaci, glečeri	26.000,0	1,878
<i>Litosfera</i>		
Podzemna voda	7.000,0	0,506
Ukupno na Zemlji	1.383.844,7	100,00

- ❑ Od ukupne slatke vode, 78% je u obliku leda.**
- ❑ Vodena para se onečišćuje u postupku isparavanja i prolaskom kroz atmosferu plinovima, dimovima i česticama prašine.**
- ❑ Daljnje onečišćenje atmosferskih voda događa se ispiranjem površina, tečenjem u vodotocima, procjeđivanjem u podzemlje.**
- ❑ Prirodne vode služe kao izvorišta za vodoopskrbu, ali i kao prijemnici upotrijebljene vode → promjena kakvoće vode.**

Vodni sustavi mogu biti **onečišćeni** i **zagađeni**

Onečišćenje označava unošenje u vodne sustave tvari ili energije uslijed čega se mijenjaju pokazatelji svojstveni prirodnim vodama, pa time vode postaju manje podobne za uporabu, naročito za vodoopskrbu i namjene gdje je potrebna visoka kakvoća vode.

Zagađenje označava ispuštanje tvari ili energije, izravno ili neizravno u vodne sustave djelovanjem čovjeka, čiji ishod predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje, štetnost za žive organizme i vodne sustave, te smanjuje kakvoću ili ometa uporabu vode za planirane namjene.

Nekontrolirani ribolov – pretjerano iskorištavanje slatkovodnih i morskih organizama → poremećaj piramide biomase, smanjenje brojnosti populacija.

Poljoprivreda – zauzimanje prirodnih površina, korištenje gnojiva, zaštitnih sredstava, ispiranje u vodne sustave.

Urbanizacija – prenamjena prostora, promjena mikroklimatskih elemenata, stvaranje otpadnih voda iz domaćinstava i industrije, ispiranje onečišćenih slivnih površina.

Izgradnja industrijskih pogona – otpadne vode, plinovi, sintetski spojevi, teške kovine.

Rashladne vode – unos toplinske energije → mijenjanje *abiotских* činitelja

Ispuštanje dimova – kisele kiše, degradacija šuma, smanjenje svjetlosti.

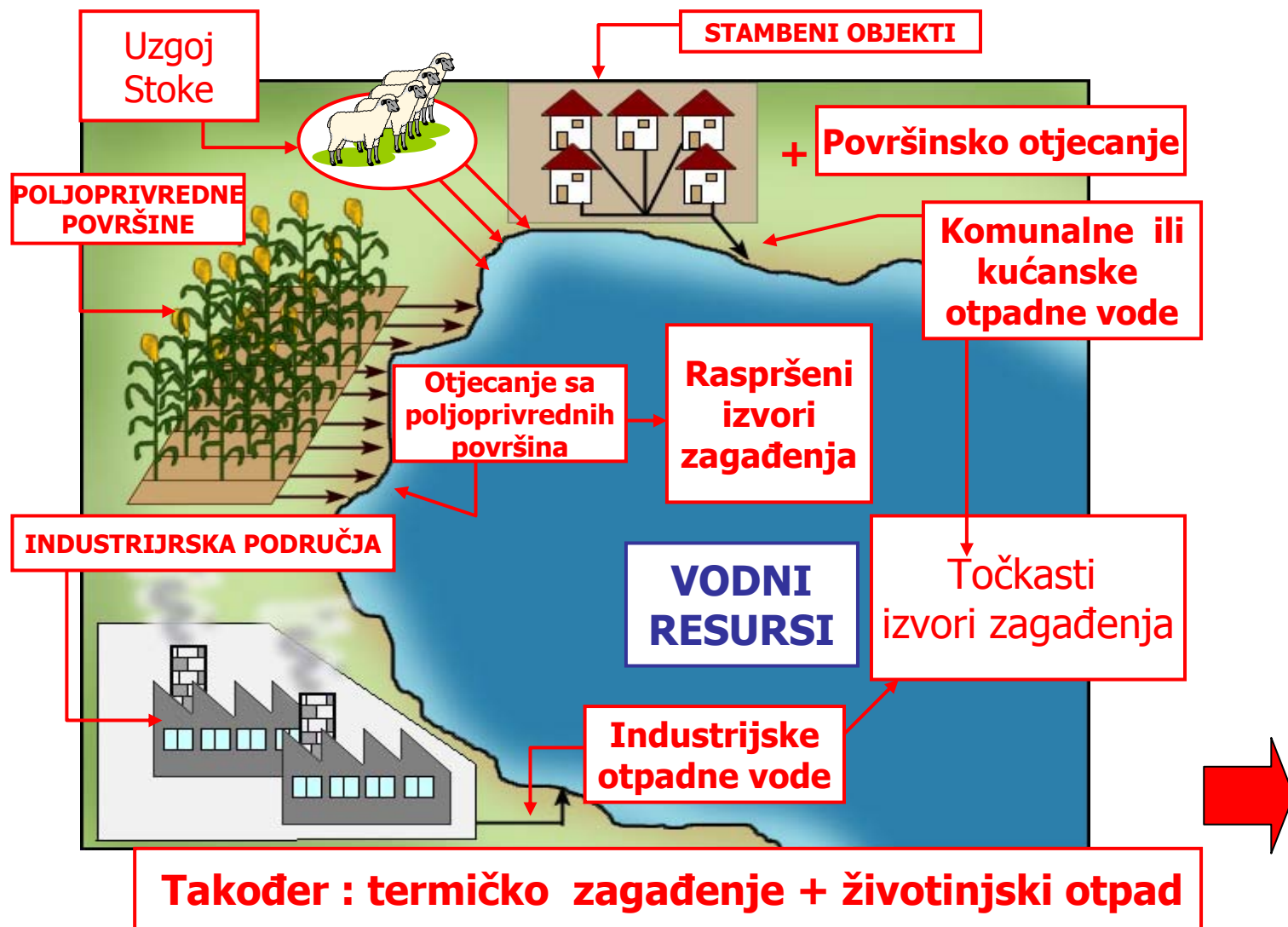
Promet – cestovni, željeznički, zračni

Proizvodnja energije – fosilna goriva, nuklearna goriva



IZVORI ONEČIŠĆENJA VODA

Točkasti i raspršeni izvori onečišćenja



Kućanske otpadne vode (komunalne, fekalne)

Izvori otpadnih voda

SANITARNI UREĐAJI (WC)



Fekaliije, mokraća
papir

PRANJE- KUPANJE

Spremnici
za pranje

Tuševi

Kade



KUHINJA

Pripremanje
hrane i
pića

Otpaci
hrane

Kanali

ili

Otjecanje s ulica

Sakupljači - rigoli

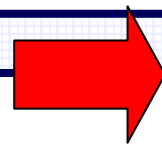
PROČIŠĆAVANJE

Kanali oborinskih voda

Kanalizacijski sustav

mješoviti

razdjelni



Kućanske otpadne vode su najvećim dijelom biološki razgradive.

Razlikuju su:

svježe otpadne vode – razgradnja je tek započela, koncentracija kisika slična vodi iz vodovoda

odstajale – ne sadrže kisik, jer je utrošen na razgradnju

trule (septičke) – anaerobna razgradnja, ravnoteža između razgrađivača i organske tvari

Zemlja	Biokemijska potrošnja kisika	Raspršene tvari
	g/st.	g/st.
Francuska	60 – 80	70
Italija	60 – 70	70 - 80
Švicarska	75	100
Kanada, SAD	80 – 100	100 - 120
Japan	64 – 84	58 - 76

Dnevno opterećenje otpadnom tvari kućanskih otpadnih voda

- ☐ 2/3 od ukupne suhe tvari je organskog porijekla.
- ☐ Broj ukupnih koliformnih bakterija (b.c) je $2,5 \cdot 10^{10} - 2,5 \cdot 10^{12}$ po stanovniku/dan
- ☐ Broj enterovirusa je $3 \cdot 10^5 - 2,5 \cdot 10^6$ zaraznih jedinica po stanovniku/dan
- ☐ Od ukupnog broj MO samo je mali broj patogen.
- ☐ Temperatura kućanske otpadne vode varira tijekom godine (11 - 25 °C)

Prosječni sastav kućanskih otpadnih voda

Pokazatelj	Koncentracija mg/l
Ukupno krute tvari	300 – 1200
Ukupno raspršene tvari	100 – 400
Ukupno otopljene tvari	250 – 850
BPK ₅	100 – 400
KPK	200 – 1000
Ukupan dušik (N)	15 – 90
Ukupan fosfor (P)	5 – 20
pH	7 – 7,5
Klorida	30 – 85
Sulfata	20 – 60

Kućanske otpadne vode su mutne, imaju neprijatan miris.

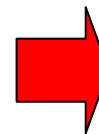
Nepovoljno utječu na ekološke i sanitarne prilike u prijemniku.

U područjima gdje nema kanalizacije, kućanske otpadne vode se prikupljaju u septičkim jamama.

Otpadne vode koje se prikupljaju u septičkim jamama posebno su zagađene, dovoze se na uređaje za čišćenje otpadnih voda i prethodno miješaju s kanalizacijskim vodama (1:100)

Prosječni sastav otpadne vode iz septičkih jama

Pokazatelj	Koncentracija mg/l
Ukupno raspršene tvari	5000 – 17000
BPK₅	4000 – 10000
KPK	6000 – 16000
NH₄	1500 – 5000



Industrijske otpadne vode

Industrijske otpadne vode

Kada ?

Javni sustav kanalizacije

UREĐAJ ZA
PROČIŠĆAVANJE
OTPADNIH VODA (UPOV)

1.

Nije štetno
za kanale

Ne
začepљуje

kvasac

2.

Ne utječe na
rad UPOV

Nije
agresivan

sulfati
benzin

3.

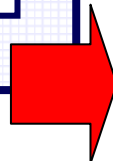
Ne preopterećuje
UPOV

Nije
toksičan

metali

4.

Nema štetan utjecaj na biocenozu
- životne zajednice



Industrija	BPK₅ mg/l
Šećerane	450 – 2000
Pivovare	500 – 1200
Tvornice konzervi	300 – 4000
Destilacija žita	15000 – 20000
Destilacija melase	20000 – 30000
Mliječne prerađevine	300 – 2000
Prerada mesa	600 – 2000
Celuloza i papir	16000 – 25000
Kožare	500 – 5000
Tekstilna: pamučna	50 – 1750
vunena	200 - 10000

Organsko opterećenje razgradivih industrijskih voda

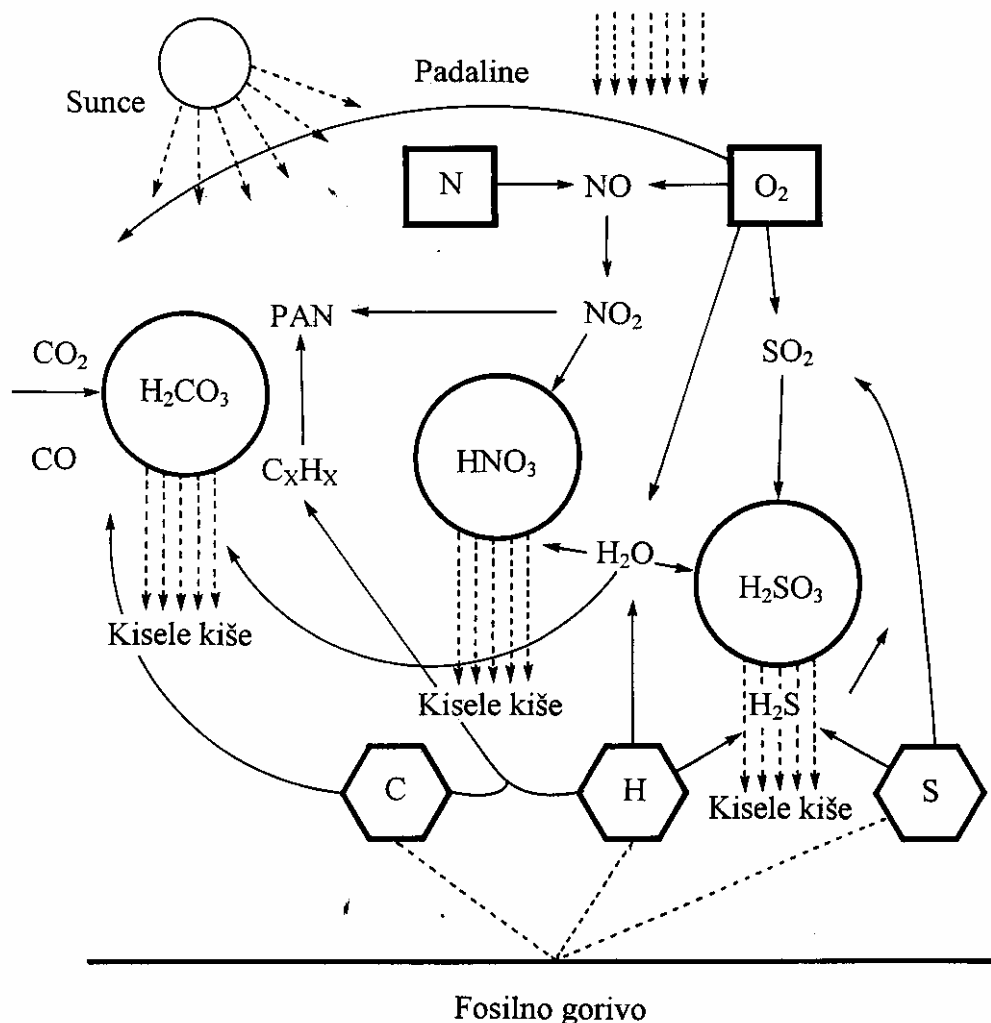
OBORINSKE VODE

Oborinske vode mogu se uvjetno nazvati otpadnim vodama.

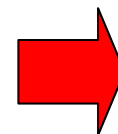
U praksi su se nekad smatrale čistim – rasterećenja na mješovitoj kanalskoj mreži.

Zbog sve većeg onečišćenja atmosfere i slivnih površina tereti oborinskih voda mogu biti značajni.

Nastajanje kiselih kiša



PAN = Peroxyacetyl nitrat je vrsta atmosferskog zagađenja. Smog sadrži PAN. Stvara se uz prisutnost dušikovog dioksida, kisika i hlapivih organskih spojeva (VOCs).



Otjecanje s poljoprivrednih površina

Polja
i
okućnice

- N
- P
- Gnojiva
- Raspršene
tvari
- Kemikalije
- Pesticidi

OBORINE

Seoska
slivna
područja

Uzgoj
stoke

Otjecanje

RIJEKA

Jezero ili
priobalno područje

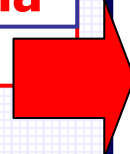
Eutrofikacija

Smanjenje
otopljenog O_2

Utječe na ribe
i staništa
organizama

Učinci

Zaraza



Vode koje s procjeđuju ili otječu s prirodnih površina čine *raspršene izvore onečišćenja*

Srednje koncentracije oborinskih voda s poljoprivrednog zemljišta

Pokazatelj mg/l	Obradivo zemljište	Pašnjaci	Livade
Ukupni isparni ostatak	1241	222	108
Raspršene tvari	1021	38	40
Ukupan fosfor	1,05	0,49	0,35
Nitrati (kao N)	1,5	0,4	0,3
Ukupan dušik (Kjeldahl)	2,6	1,7	0,8
KPK	148	49	22

Oborinske vode iz gradova, industrijskih dvorišta i sa prometnica mogu biti snažno opterećene ugljikovodicima, teškim kovinama, organskim otpacima.

Srednje koncentracije oborinskih voda s površina naselja

Vrsta površine	Koncentracije u mg/l			
	Raspršene tvari	Ukupan N	Ukupan P	Ulja i masti
Seoska naselja	50	0,2	0,1	0,6
Stambeno naselje male gustoće	600	1,2	0,7	0,8
Stambeno naselje velike gustoće	250	0,7	0,8	20,0
Trgovinsko-skladišna područja	770	1,7	1,3	33,0

Koncentracije otpadne vode mješovite i oborinske kanalizacije

Pokazatelj (mg/l)	Mješovita kanalizacija	Oborinska kanalizacija
KPK	80 – 1760	29 – 1514
BPK	10 – 470	3 – 90 (660)
Raspršene tvari	35 – 2000	130 – 11280
Ukupni fosfati	0,8 – 9,4	0,2 – 4,5
Ukupan dušik	1,0 – 16,5	0,5 – 6,5
pH	5,6 – 6,7	6,0 – 7,2
Bakterije		
ukupni koliformi	$4,2 \cdot 10^6 - 5,8 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^6 - 3,2 \cdot 10^7$
fekalni koliformi	$2,4 \cdot 10^6 - 5,04 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5 - 1,3 \cdot 10^7$

Srednja koncentracija organskih tvari i hranjivih soli u oborinskim vodama koje ispiru gradsko područje, jednaka je približno 1/3 koncentracije u otpadnim vodama mješovitih kanalizacija.

RASHLADNE VODE

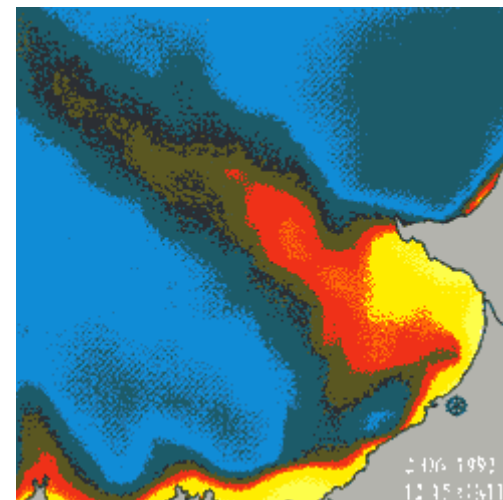
U industriji i proizvodnji energije koristi se voda za hlađenje postrojenja = odvođenje viška topline (Termoelektrane na fosilna i nuklearna goriva, rafinerije nafte, čeličane, kemijska industrija, tvornice celuloze i papira, destilerije.

Ispuštene zagrijane vode mijenjaju temperaturu prijemnika → *termopolucija*.

Mijenja se gustoća, kinematička viskoznost, površinska napetost, otopivost kisika, difuznost kisika, ubrzavaju kemijski i biokemijski procesi.

Ubrzava se uslojavanje vode, brzina taloženja, povećanje toksičnosti nekih tvari (sinergijski učinak).

Termopolucija nastaje i pretjeranom regulacijom rijeka i ujezerivanjem toka.



POSTUPCI SAMOČIŠĆENJA VODE

Samočišćenje = *autopurifikacija* vode označava sve fizikalne, kemijske i biokemijske procese koji utječu na količinu, sastav i svojstva otpadnih tvari u vodnim sustavima.

Autopurifikacija se događa u vodnim sustavima bez i sa antropogenim djelovanjem.

FIZIKALNI POSTUPCI

Razrjeđenje

Taloženje

Cijeđenje – filtracija

Izmjena plinova

RAZRJEĐENJE nastaje miješanjem otpadne vode veće koncentracije onečišćenja s čistom vodom prijemnika.

Miješanje ovisi o brzini istjecanja otpadne vode, brzini protjecanja prijemnika, razlici gustoće otpadne vode i vode prijemnika.

Turbulencija i veća brzina pospješuju miješanje.

Uz pretpostavku trenutnog miješanja protoka prijemnika Q_p male koncentracije C_p s dotokom otpadne vode Q_v i koncentracije C_v vrijedit će:

$$Q_p \cdot C_p + Q_v \cdot C_v = Q_m \cdot C_m$$

$$C_m = \frac{Q_p C_p + Q_v C_v}{Q_m}$$

gdje su Q_m i C_m protok i koncentracija mješavine otpadne vode i vode prijemnika

Razrjeđenjem se ne smanjuje ukupna masa onečišćenja – *dilution is not the solution*

TALOŽENJE je uklanjanje krutina iz tekućina gravitacijskim silama.

Na organske i anorganske raspršene tvari djeluje sila gravitacije i vučna sila vode istovremeno.

Ovisno o obliku i gustoći čestica i brzini vode prijemnika krutine će se taložiti ili kretati s vodom. Kod smanjenja brzine dolaziti će do taloženja. (proširenja vodotoka, akumulacije, retencije)

Taloženjem se izbistruje i smanjuje opterećenje vodotoka, ali talog smanjuje korisni volumen vodnog tijela i postaje izvor potražnje kisika zbog razgradnje organske tvari.

Kod povećanja protoka može doći do podizanja taloga s dna = *resuspenzija*

CIJEĐENJE

Podzemne vode obogaćuju se procjeđivanjem površinskih voda.

Brzina tečenja ovisi o propusnosti tla i stupcu vode na površini.

Tečenjem kroz sitnozrnato tlo (pijesak šljunak) zadržavaju se u porama krute čestice = *filtracija*

Uz mehaničko zadržavanje, ovisno o tvarima u vodi i tlu dolazi istovremeno do uklanjanja krutina *adsorpcijom* i *adhezijom* te biološkom razgradnjom.

Na taj se način onečišćene površinske vode mogu pročistiti do razine pitkih voda.

Podzemne vode, vodonosnik, i tlo iznad njega štite se zakonom na lokacijama potencijalnih ili aktivnih zahvata pitke vode.

IZMJENA PLINOVA

Izmjena plinova između vode i atmosfere vrlo je bitna. Veličina izmjene ovisi temperaturi vode, otopljivosti plinova, parcijalnom tlaku plina u atmosferi.

Ravnoteža molekula pojedinog plina može se izraziti prema Henry-evom zakonu:

$$x = \frac{P}{H}$$

$$x = \frac{\textit{mola plina}}{\textit{mola plina} + \textit{mola vode}}$$

<i>X</i>	ravnoteža molekule plina u atmosferi i tekućini
<i>P</i>	tlak plina iznad tekućine
<i>H</i>	koeficijent topivosti plina u tekućini (Henry-ev keficijent)

mol je količina tvari onog sustava koji sadrži toliko elementarnih jedinki tvari koliko ima atoma u 0.012 kg izotopa ugljika 12 (¹²C).

Otopivost plinova obrnuto je proporcionalna koncentraciji otopljenih tvari u vodi (manje otapanje kisika u morskoj vodi, nego u slatkoj)

Transfer kisika iz atmosfere u vodu ovisi o razlici između zasićenosti vode plinom pri određenoj temperaturi i trenutnoj koncentraciji:

$$\frac{dC}{dt} = (C_s - C)K_a$$

gdje je:

C_s koncentracija zasićenosti plinom pri određenoj temperaturi

C koncentracija plina u trenutku izmjene plina

K_a koeficijent transfera plina

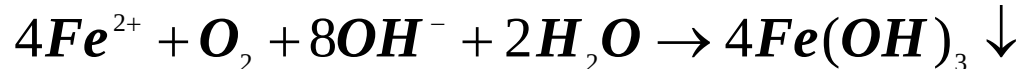
Koeficijent K_a ovisi o temperaturi, veličini granične površine između plinovite i tekuće faze, te o otporu prijelaza iz jedne u drugu fazu.

KEMIJSKI POSTUPCI

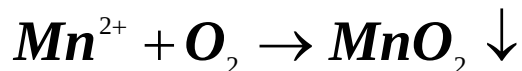
Vode otapaju mnoge plinove i krutine koji međusobno djeluju i stvaraju vrlo složene spojeve.

Dolazi do **oksidacije** – **redukcije** te obaranja **precipitacije**. Za mnoge postupke bitna je koncentracija otopljenog kisika i vrijednost pH.

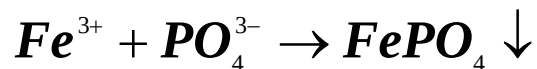
U podzemnim vodama bez dovoljno kisika željezo i mangan javljaju se u dvovalentnom obliku (Fe^{2+} , Mn^{2+}). U uvjetima s dovoljno kisika dolazi do oksidacije u trovalentni oblik.

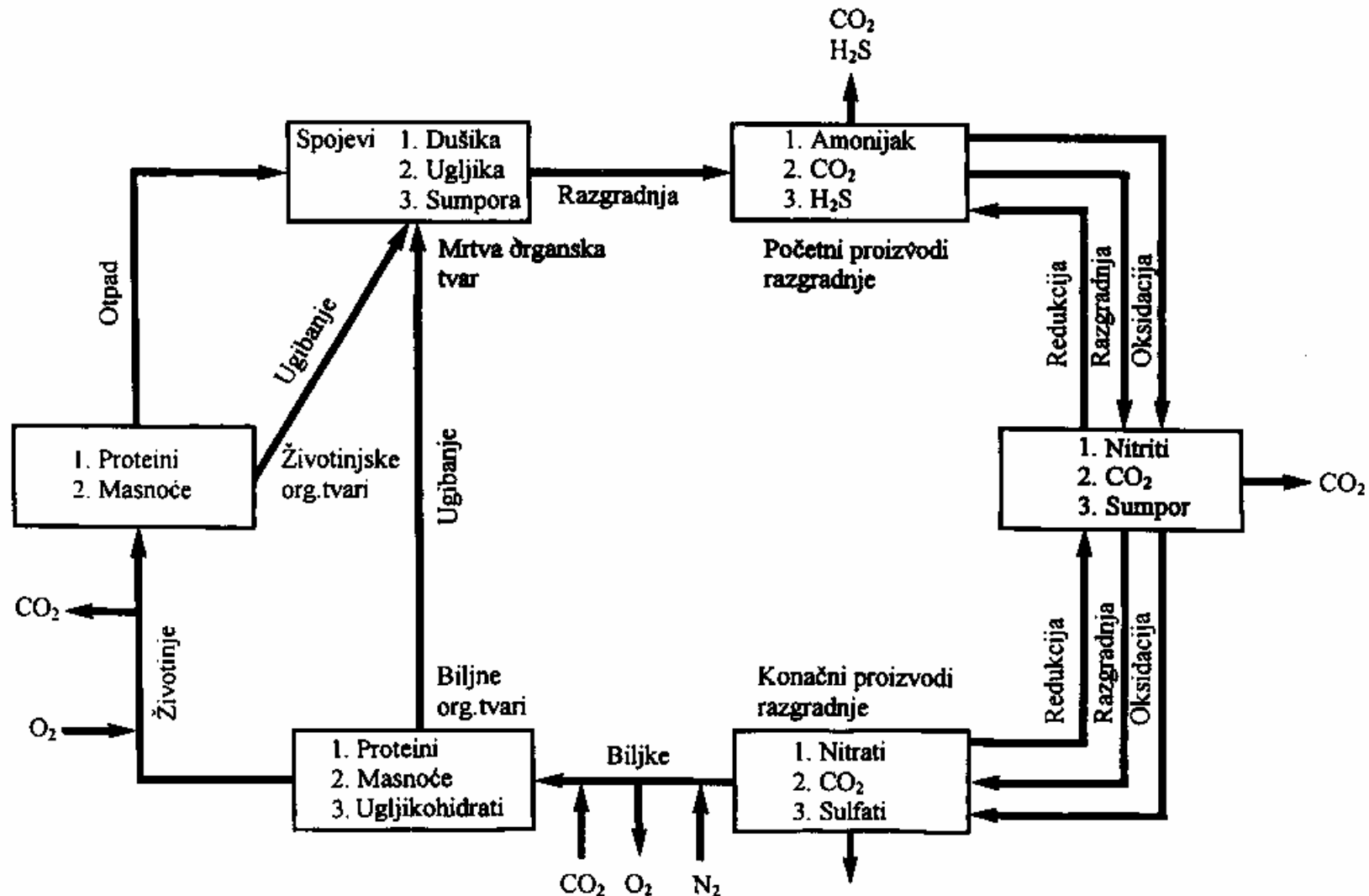


Oksidacija mangana odvija se sporije od oksidacije željeza.

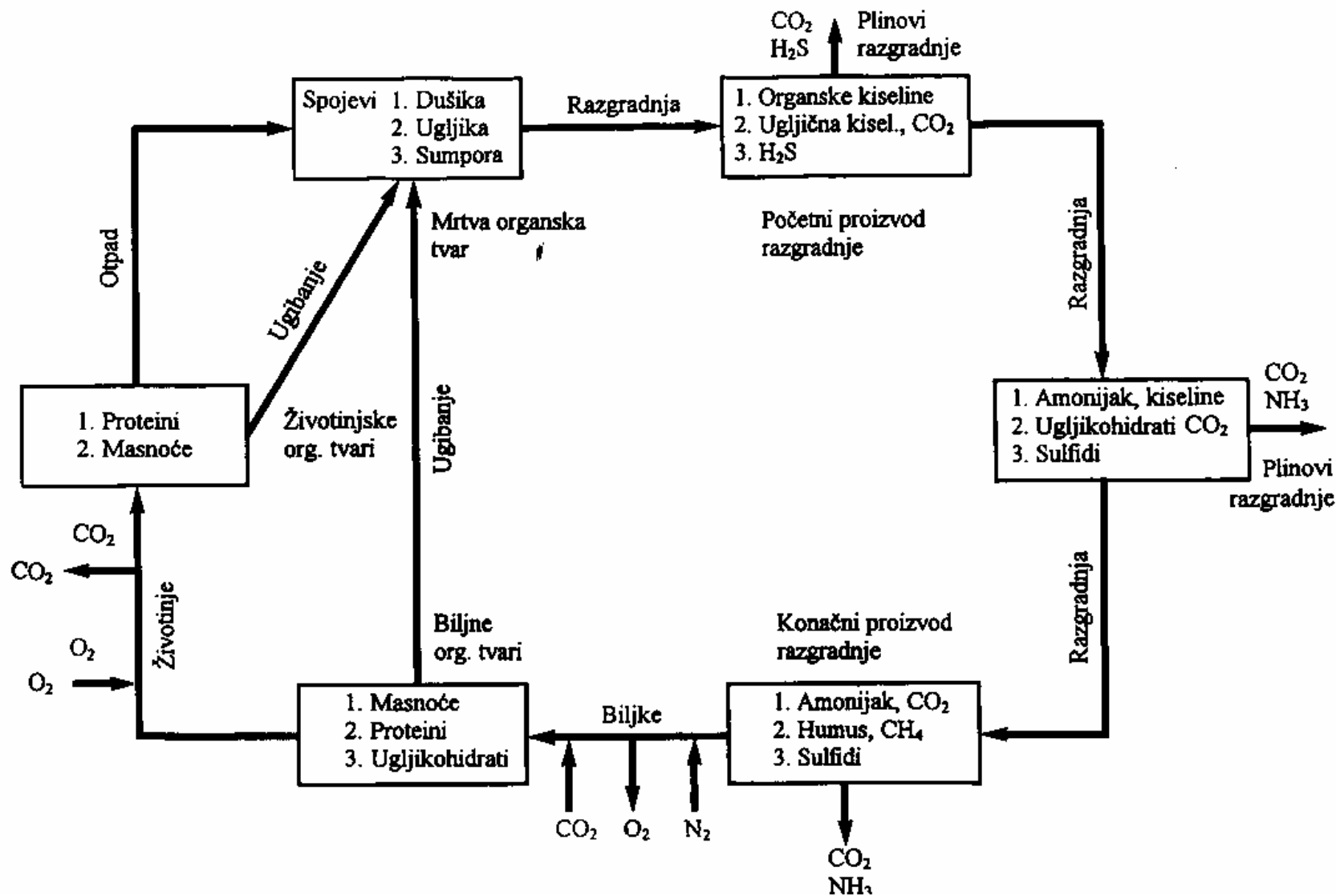


Fosfati iz otpadne vode s trovalentnim željezom talože se na dno jezera. Nestankom kisika tijekom ljeta željezo može prijeći ponovno u dvovalentni oblik i osloboditi fosfat za primarnu proizvodnju.





Aerobni postupci



Anaerobni postupci

Stanje kisika

Najmanja koncentracija otopljenog kisika za život viših organizama u vodi je 2 mg/l, a za neke vrste 4 mg/l.

Kisik koji se troši u vodi nadoknađuje se otapanjem iz zraka i iz fotosinteze.

Prva faza fotosinteze:



U drugoj fazi (bez svjetla) autotrofi uzimaju hranjive soli i ugrađuju ih u organske spojeve.

Proizvodnja kisika može bit veća od potrošnje u eufotičkom sloju → konc. otopljenog kisika veća od saturacije.

Prigušenjem sunčeve svjetlosti ili nastupanjem mraka, proizvodnja kisika prestaje, pa je jedini raspoloživi izvor otapanje iz zraka.

Deficit kisika D je:

$$D = C_s - C$$

Promjena deficita kisika tijekom vremena (uz pretpostavku da je C_s konstanta u promatranom razdoblju), će biti:

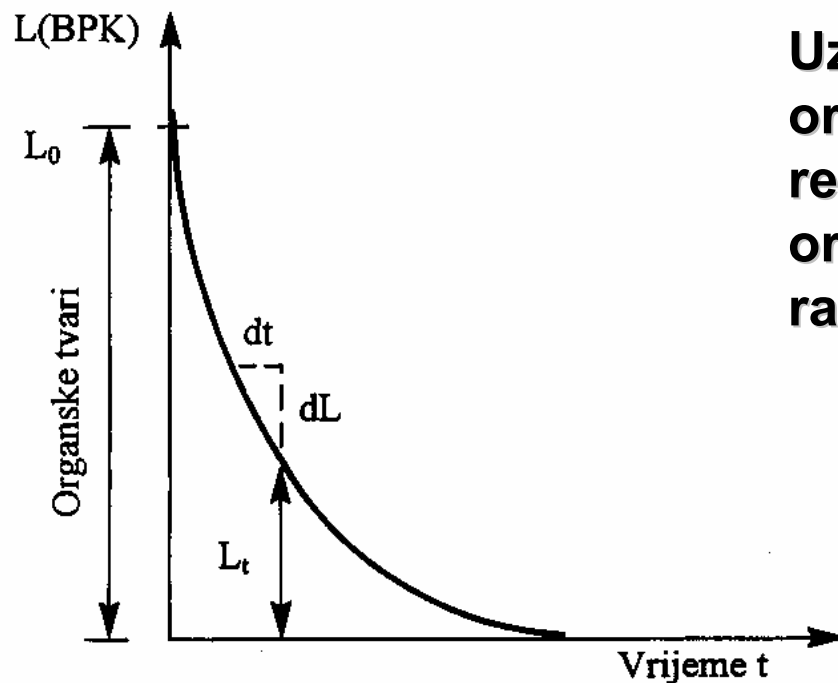
$$\frac{dD}{dt} = -\frac{dC}{dt}$$

Ako je početna organska tvar u vodi izražena kao BPK, označena s L_o , tada će se u vremenu t razgraditi:

$$y = L_o - L_t$$

Promjena potrošene organske tvari (kao BPK) tijekom vremena:

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{dL_t}{dt}$$



Uz pretpostavku da je razgradnja organske tvari mikroorganizmima reakcija prvog reda, je razgradnja organske tvari proporcionalna raspoloživoj organskoj tvari:

$$\frac{dL_t}{dt} = -KL_t$$

Na izloženim pretpostavkama su Streeter i Phelps 1925. godine napravili prvi matematički model balance kisika:

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{dC}{dt}$$

ili

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dD}{dt}$$

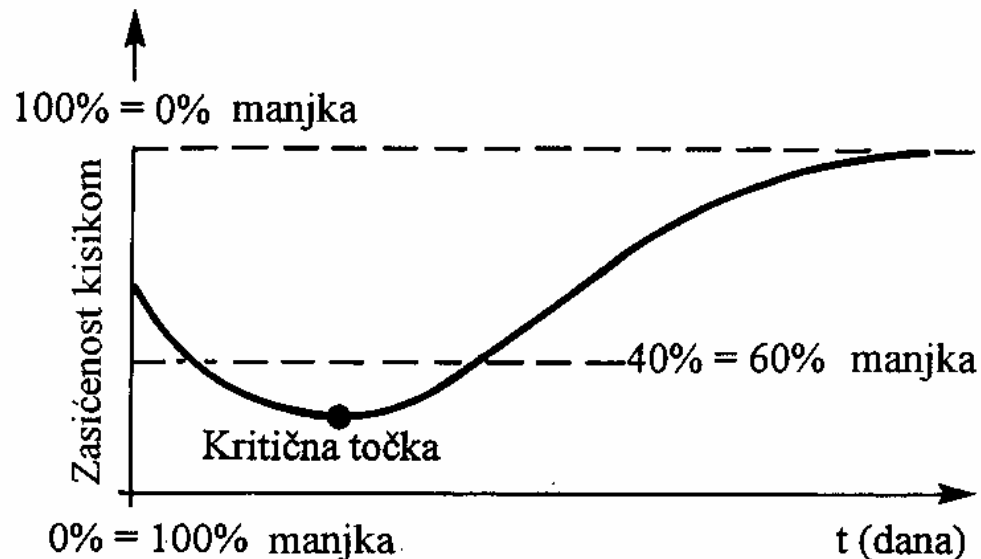
Uvrštenjem se dobije:

$$\frac{dD}{dt} = KL_t$$

Slijedi da je promjena deficita kisika D , reakcija prvog reda i da je proporcionalna nerazgrađenoj organskoj tvari.

Postupak razgradnje organske tvari i otapanje kisika iz atmosfere (reaeracija) događaju se istodobno i mogu se povezati jednađbom:

$$\frac{dD}{dt} = KL_t - K_a D$$



Jednadžba Streeter-Phelpsa ima rješenje:

$$D_t = \frac{KL_o}{K_a - K} (e^{-Kt} - e^{-K_a t}) + D_0 e^{-K_a t}$$

D_t deficit kisika u vremenu t

D_0 početni deficit kisika na mjestu ispusta otpadne vode u
vremenu $t = 0$ (mg/l)

Minimum otopljenog kisika (najveći deficit) javlja se u vremenu t_{krit} . U toj točki krivulja kisika ima minimum, odnosno $dD_t/dt = 0$

$$D_{krit} = \frac{K}{K_a} L_0 e^{-K_{krit}}$$

$$t_{krit} = \frac{1}{K_a - K} \ln \left[\frac{K_a}{K} \left(1 - \frac{D_0 (K_a - K)}{KL_0} \right) \right]$$

Uz srednju brzinu vodotoka v , točka najvećeg deficita kisika bit će od ispusta udaljena:

$$X_{krit} = t_{krit} \cdot v$$

Osnovni model Streeter-Phelpsa pretpostavlja ujednačeno tečenje, bez uračunanog taloženja, fotosinteze, disanja organizama, potrošnje kisika na razgradnji istaložene organske tvari i dr.

Na temelju osnovnog modela razvijeni su složeni modeli koji uključuju brojne varijable u složenoj bilanci kisika. Jedan opći model bilance kisika izgleda ovako:

$$\frac{dC}{dt} = K_a(C_s - C) + I(P_1 + P_2) - KL_1 - K_2L_2$$

C_s koncentracija zasićenosti kisika

C koncentracija kiska u trenutku t

I jakost svjetla u trenutku t

L_1 ostatak org. tvari u vodotoku

L_2 ostatak org. tvari na dnu vodotoka

K dinamika razgradnje org.tvari u vodotoku

K_a dinamika otapanja kisika iz atmosfere

K_2 razgradnja org.tvari na dnu vodotoka

P_1 proizvodnja kisika fitoplanktona

P_2 proizvodnja kisika periphytona

Vrijednosti K, dinamike razgradnje za određena opterećenja organskom tvari

Kakvoća vode	K (d ⁻¹)	L ₀ (mg/l) (BPK-20°C)
Čiste vode	< 0,1	0 – 1
Površinske vode	0,1 – 0,23	1 – 30
Srednje opterećene komunalne otpadne vode	0,35	150
Vrlo opterećene komunalne otpadne vode	0,40	250
Pročišćena otpadna voda	0,12 – 0,23	10 - 30

Vrijednosti K_a, dinamike reaeracije u odnosu na vrstu vodnog sustava

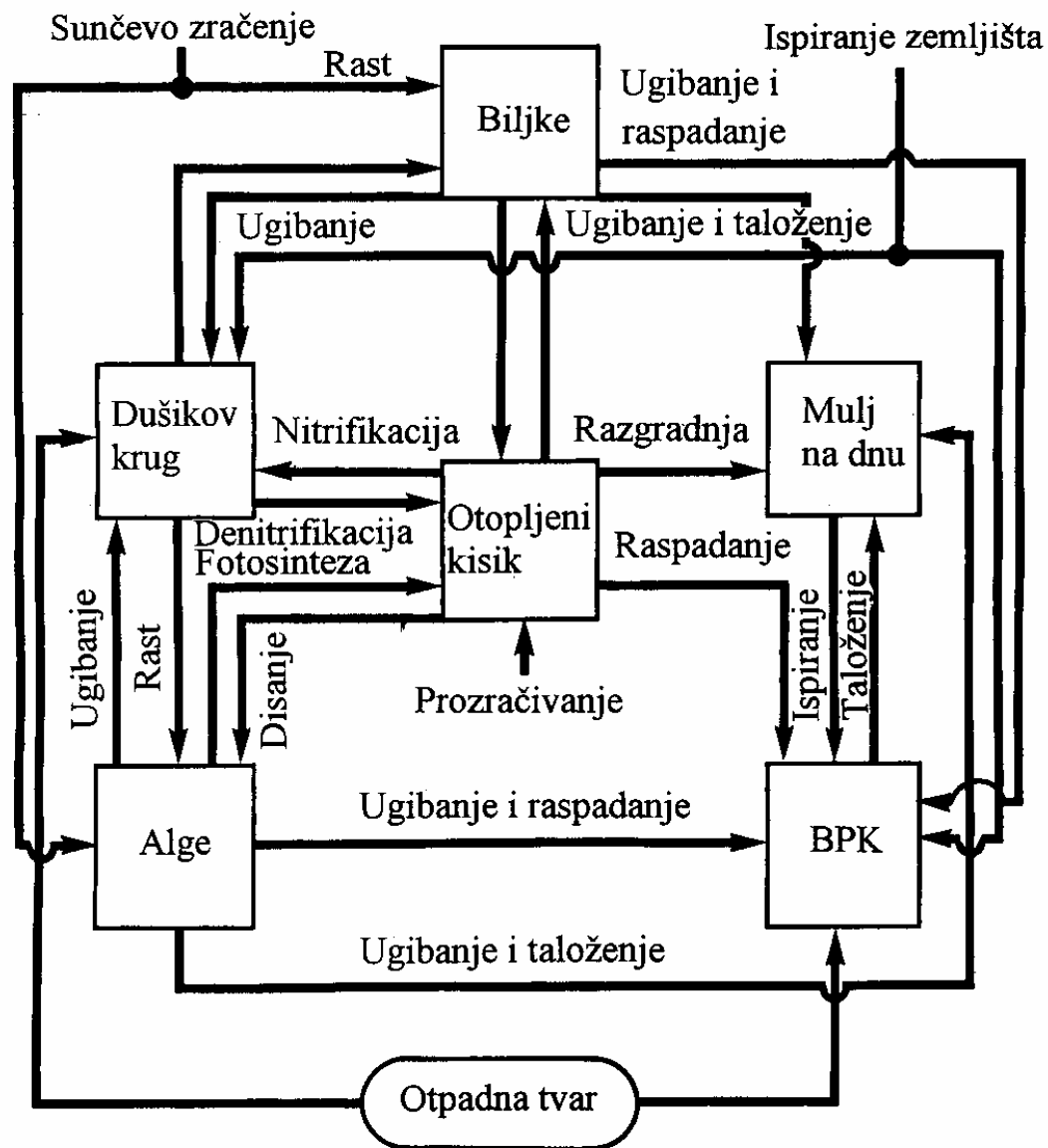
Vrsta vodnog sustava	K _a (d ⁻¹) T = 20°C
Mala jezera, usporene vode	0,1 – 0,23
Velika jezera, sporiji vodotoci (v<0,10 m/s)	0,23 – 0,35
Široke rijeke malih brzina 0,1<v<0,5 m/s	0,35 – 0,46
Široke rijeke, normalne brzine 0,5<v<1,0 m/s	0,46 – 0,69
Brze rijeke 1,0<v<2,0 m/s	0,69 – 1,15
Brzotoci, slapovi v>2,0 m/s	> 1,15

Sve ulazne veličine modela moraju biti temperaturno usklađene.

Temperaturna korekcija izvodi se uz pomoć jednadžbe:

$$K_{a,T} = K_{a,20} \cdot 1,024^{(T-20)}$$

Složen odnos činitelja koji određuju odnos otopljenog kisika i BPK



POREMEĆAJI VODNIH EKOSUSTAVA

Ispuštanjem većih količina otpadne tvari tijekom dužeg ili kraćeg vremena, dolazi do promjena i poremećaja biološke ravnoteže.

Procesi autopurifikacije često nisu dovoljni za održanje kakvoće vode.

Organizmi koji žive u čistim vodama izumiru ili napuštaju stanište, a ostaju ili se naseljavaju samo oni organizmi koji mogu preživjeti.

Od poremećaja koji nastaju u prijemniku, a bitni su za vodoopskrbu, proizvodnju hrane i rekreaciju ističe se:

eutrofikacija

udarno opterećenje

EUTROFIKACIJA

- ❑ Poremećaj biološke ravnoteže između primarne proizvodnje i potrošnje.
- ❑ **Oligotrofne** vode su bistre, prozirne, svjetlost duboko prodire, kisik je ravnomjerne koncentracije po cijelom vodenom stupcu.
- ❑ Povećani donos hranjivih tvari iz otpadnih voda gradova i iz poljoprivrede doprinosi razvoju **fotofilnih algi** – primarnoj proizvodnji.
- ❑ Potrošači nisu u stanju iskoristiti povećanu proizvodnju, pa masa **fitoplanktona** ugiba i završi na dnu gdje su izloženi intenzivnoj aerobnoj razgradnji.
- ❑ Kisik iz vode se troši, pa dolazi do stvaranja manjih ili većih anaerobnih zona.
- ❑ U uvjetima **anaerobije** mijenja se pH vrijednost, pa istaložena inertna hranjiva bivaju otopljeni i vraćena u vodeni stupac kao hrana.

- ☐ **Gustoća populacije algi u **eufotičkoj zoni** se povećava, smanjuje se providnost, a površinske koncentracije kisika prelaze vrijednost **saturacije**.**
- ☐ **Lošem stanju doprinosi i **uslojenost – stratifikacija**, koja onemogućava transfer kisika u dublje dijelove vode.**
- ☐ **Broj vrsta organizama se smanjuje, a povećava se gustoća populacija preostalih vrsta.**
- ☐ **Intenzivno se povećava debljina taloga i smanjuje volumen vodnog tijela.**
- ☐ **Eutrofikacija je vezana uz vode stajačice, a manje izražena kod tekućica.**
- ☐ **Hranjive soli i dinamika izmjene vode, najviše utječu na proces eutrofikacije.**
- ☐ **Za većinu voda fosfor je element koji upravlja eutrofikacijom. U određenim slučajevima to može biti i dušik, naročito u kraćem vremenskom razdoblju.**

- ❑ Ako je težinski odnos dušika i fosfora mali, kritičan element je fosfor. U oligotrofnim vodama omjer $N/P > 7$ i fosfor je ograničavajući činitelj.**
- ❑ U eutrofnim vodama $N/P < 7$, i dušik je ograničavajući činitelj.**
- ❑ Ograničavajući činitelj može biti i silicij (vrlo rijetko).**
- ❑ U eutrofiziranim vodama prevladavaju modro-zelene alge nad ostalim.**

Mjerila za procjenu trofičkog stanja

Pokazatelji	Oligotrofno	Eutrofno
Dubina	duboko	plitko
Hipolimnij : epilimnij	> 1	< 1
Primarna proizvodnja	niska	visoka
Ukorijenjeni makrofiti	malo	mnogo
Gustoća planktonskih algi	niska	visoka
Broj planktonskih vrsta	velik	mali
Učestalost cvjetanja planktona	rijetka	uobičajena
Nestanak kisika u hipolimniju	ne	da
Vrste riba	hladna voda, spori rast, ograničene na hipolimnij	topla voda, brzi rast, podnošljivo malo kisika i visoka temperatura u hipolimniju,
Dotok hranjivih tvari	mali	veliki

UDARNO OPTEREĆENJE je bitno povećanje unosa otpadne tvari u prijemnik u kratkom vremenu (šok).

Posljedice takvog udara – šoka su brze promjene uvjeta staništa u kemijskom i/ili fizikalnom smislu → ugibanje riba, drastične promjene u strukturi cijele životne zajednice.

Udarno opterećenje može nastati zbog:

količine onečišćenja

kakvoće onečišćenja

toksičnog onečišćenja

Udarno opterećenje može nastati **povećanjem** količine onečišćenja istog sastava.

Učinak udarnog opterećenja može se postići ako se **promijeni kemijski sastav opterećenja**, a količina može ostati ista.

Promjena pH, povećanje koncentracija teških kovina, cijanida, fenola, sulfida, radioaktivnih tvari, stvara **toksična udarna opterećenja**.

UPRAVLJANJE KAKVOĆOM VODA

Mjere i postupci za upravljanje kakvoćom voda mogu se podijeliti na:

političke i sociološke

pravne

planiranje i gospodarenje prostorom

gospodarske i financijske mjere

znanstveni pristup i tehnološke mjere

institucionalne mjere

POLITIČKI I SOCIOLOŠKI PRISTUP

Politička želja – preduvjet rješavanju problema → dokumenti na regionalnoj, državnoj i međunarodnoj razini.

**Odredba Ustava RH: “svatko ima pravo na zdrav život”.
Na temelju ustava usvojena Deklaracija o zaštiti okoliša u RH.**

Ishodišta vezana uz zaštitu voda su sociološki osjetljiva, a za njihovo rješavanje potrebno je osigurati velika materijalna sredstva, ostvariti dobre odnose politike s javnosti i donositi učinkovite političke odluke.

Za ciljeve zaštite okoliša potrebno je izdvajati barem toliko sredstava da se ne povećava zaostajanje za standardima zaštite naprednih zemalja.

PRAVNE MJERE

Temelje se na političkim odlukama - zakonski, podzakonski propisi koji se odnose na stanje kakvoće voda, nadzor nad ispuštanjem otpadnih tvari i motrenje - *monitoring* okoliša.

Zakonima se određuju temeljna načela, ciljevi, strategija provođenja zaštite okoliša i nadzor na primjenom zakonskih odredbi.

Podzakonski propisi:

- norme (standardi) kakvoće okoliša, posebno vodnih sustava

- norme (standardi) ispuštanja otpadnih voda i tvari u okoliš

- norme (standardi) kakvoće vode za određene namjene

Normama se propisuju granične vrijednosti na temelju znanstvenih i neznanstvenih kriterija.

Stroge norme znače i više novca za zaštitu → moraju biti usklađene s ekonomskim mogućnostima.

Planiranjem i gospodarenjem prostorom mogu se izbjegnuti ili smanjiti mogući negativni utjecaji u budućnosti.

Da bi se uskladili različiti interesi u prostoru nužno je integralno – cjeloviti planiranje. Jedinica za planiranje je sliv, a strategija održivi razvitak.

Važni dokumenti:

Strategija i Program prostornog uređenja

Strategija zaštite okoliša

Studije o utjecaju na okoliš

Program motrenja okoliša i izvora onečišćenja

Program zaštite voda i priobalnog mora.

Studija o utjecaju na okoliš (SUO)

Izrađuje se za značajne zahvate (prema popisu).

Ima propisan sadržaj i proceduru usvajanja (Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš NN 59/00 i 85/06).

Izrađivat je mogu samo po nadležnom ministarstvu, ovlaštene tvrtke.

Studija se sastoji od slijedećih poglavlja:

A. Opis zahvata i lokacije

- 1. svrha poduzimanja ili građenja zahvata**
- 2. podaci iz dokumenta prostornog uređenja**
- 3. opis okoliša lokacije i područja utjecaja zahvata**
- 4. opis zahvata**
- 5. procjena troškova realizacije i rada zahvata**
- 6. opis odnosa nositelja zahvata s javnošću prije izrade studije**

B Ocjena prihvatljivosti zahvata

- 1. prepoznavanje i pregled mogućih utjecaja na okoliš tijekom pripreme, građenja, korištenja i prestanka korištenja**
- 2. analiza koristi i troškova**
- 3. usklađenost zahvata s međunarodnim obvezama RH**
- 4. prijedlog najprikladnije varijante**

C Mjere zaštite okoliša i plan provedbenih mjera

- 1. prijedlog mjera zaštite okoliša tijekom izgradnje, korištenja i prestanka korištenja zahvata**
- 2. po potrebi, program praćenja stanja okoliša**
- 3. politika zaštite okoliša nositelja zahvata s pregledom ciljeva i načela djelovanja u zaštiti okoliša**
- 4. organizacijska struktura nositelja zahvata**
- 5. prikaz planiranog načina suradnje nositelja zahvata s javnošću**
- 6. procjena troškova mjera zaštite okoliša i mjera praćenja stanja okoliša, te njihov udio u troškovima realizacije i rada, odnosno prestanka korištenja zahvata.**

D Zaključak studije

E Sažetak studije za javni uvid za široku javnost

F Izvori podataka

GOSPODARSKE I FINANCIJSKE MJERE

Ukupni gospodarski troškovi oštećenog okoliša mogu se podijeliti na:

Posljedice na zdravlje ljudi

Posljedice na ukupnu proizvodnju - prema gubicima prirodnog bogatstva

Posljedice zbog promjene prirode – teško ih je procijeniti materijalno

Sredstva za zaštitu okoliša osiguravaju se iz proračuna države (građana) i poduzetnika. Temeljni princip je: **zagađivač plaća**.

Izvori prikupljanja sredstava su:

- od krajnjih korisnika,
- kredita,
- fondova (pristupni fondovi)
- donacije

ZNANSTVENI PRISTUP I TEHNOLOŠKE MJERE

Znanstvenim pristupom utvrđuje se stanje okoliša, utjecaj otpadnih voda na podzemne i površinske vode i priobalno more.

Nepoželjni utjecaji mogu se smanjiti primjenom:

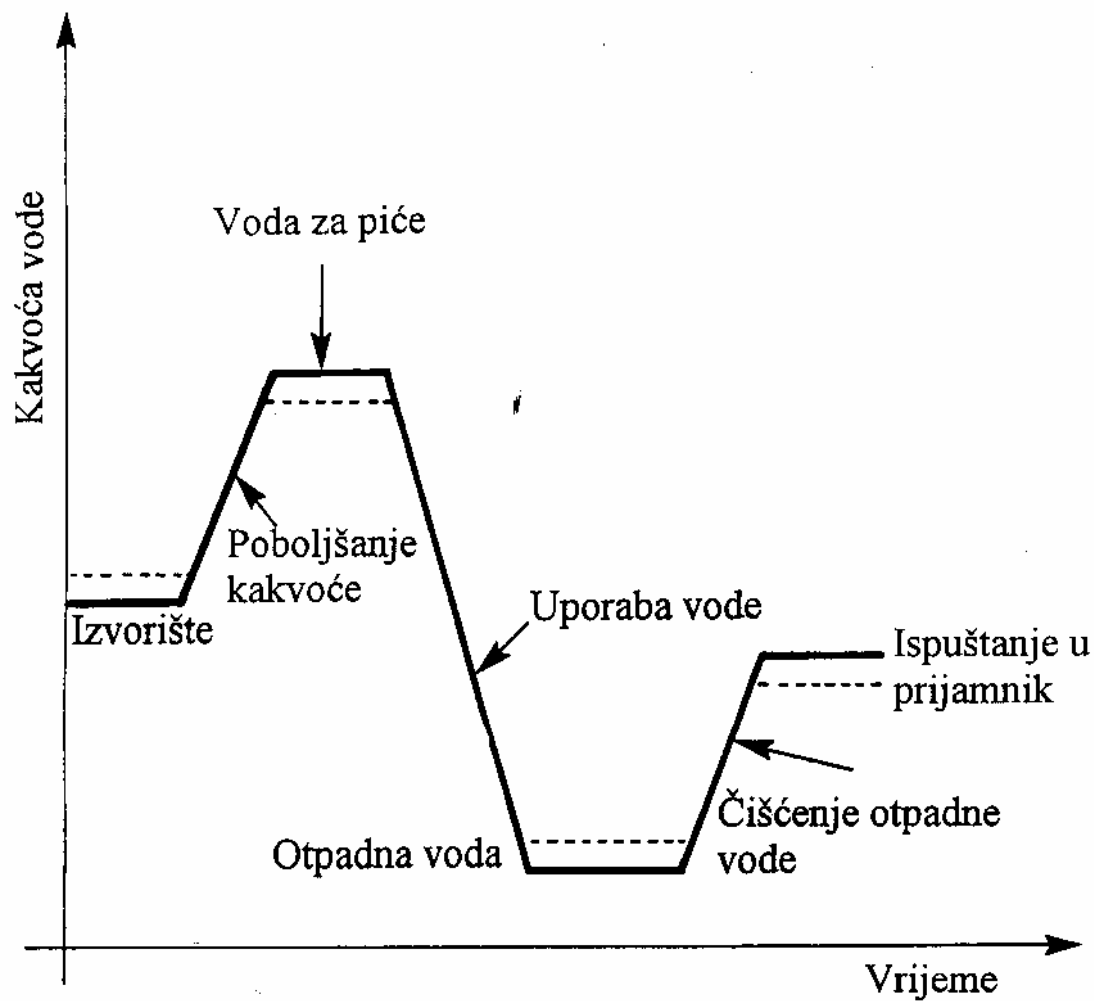
smanjenja otpada “na izvoru”

ponovnom uporabom i recikliranjem otpadnih voda i tvari

sigurnim ispuštanjem u prirodne prijemnike i odlaganjem otpada na deponije.

Znanstvena istraživanja su u pravilu uvijek ispred ekonomskih mogućnosti primjene → bogati si mogu uvijek više priuštiti.

Postoji i problem primjene složenih tehnoloških rješenja u sredinama niske razvijenosti.



Promjena kakvoće vode u komunalnom vodnom sustavu

INSTITUCIONALNE MJERE

O organizaciji institucija unutar pojedinih država ovisi učinkovitost primjene mjera za zaštitu, očuvanje i poboljšanje kakvoće voda.

Organizacija može biti naglašeno centralistička ili regionalna i lokalna.

Državne institucije pripremaju zakone i propise u području zaštite voda, strategije razvoja i mjera, mreže motrenja, brinu se za izobrazbu i obavješćavanje javnosti, te provode nadzor nad primjenom mjera zaštite.

Institucije na regionalnoj i lokalnoj razini provode politiku državnih organa, te organiziraju objekata za nadzor otpadnih tvari, njihov pogon i održavanje. Prikupljaju naknade, kazne i neposredno prate stanje kakvoće voda.

Važnu ulogu u gospodarenju i upravljanju vodama imaju javna komunalna poduzeća.

IZRADA PROGRAMA I PLANOVA ZAŠTITE VODE

Neplanirano korištenje vodnih bogatstva nosi sa sobom niz problema. U mnogim zemljama stanovnici ne raspolažu kvalitetnom pitkom vodom zbog čega umiru djeca i odrasli. Nekontroliranim razvojem gospodarstva, nepoštivanjem i/ili nepostojanjem odgovarajuće zakonske regulative, zagađuju se dragocjeni izvori vode.

Za uspješno gospodarenje vodama treba raspolagati dobrim planovima i potrebnim sredstvima za realizaciju.

Potrebno je utvrditi:

probleme i stanje okoliša

odrediti ciljeve, mjerila i ograničenja

analizirati rješenja koja zadovoljavaju ciljeve

utvrditi posljedice svakog rješenja

vrednovati rješenja i posljedice njihove primjene

U vrednovanju rješenja potrebno je koristiti višekriterijsku analizu