

EKOLOŠKI FAKTORI



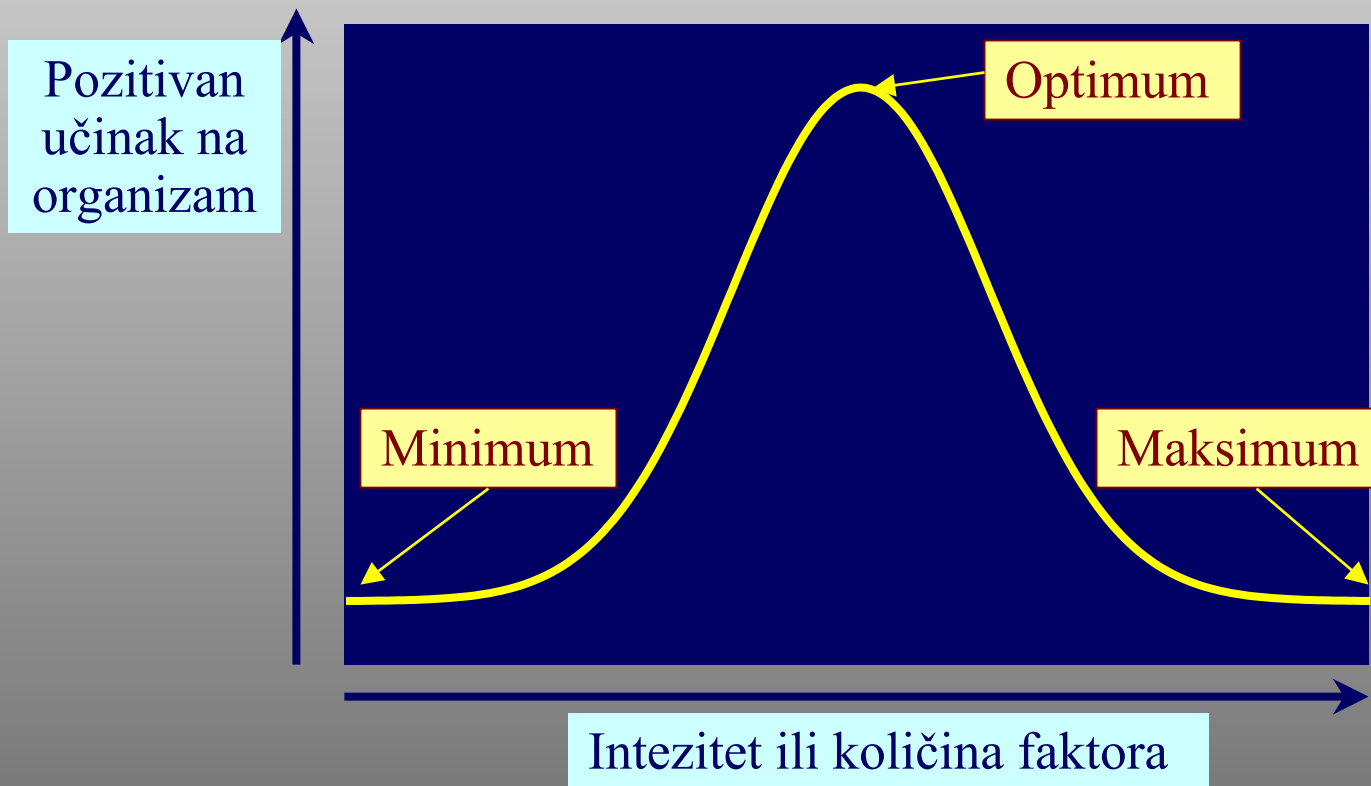
EKOLOŠKI FAKTORI

- **Ekološki faktori** – sve komponente vanjskog okoliša koje djeluju na organizme
- **Životni okoliš** – zbir svih ekoloških faktora
- **Značajke ekoloških faktora:**
 - **Dinamični** i stalno **promjenjivi** u intezitetu, količini i načinu djelovanja
 - Nikada ne djeluju pojedinačno, već zajedno kao **kompleks faktora**
 - Mogu biti **zamjenjivi** i **nezamjenjivi**
 - Mogu djelovati **izravno** i **posredno** preko drugih faktora
 - Ako su neophodni za život organizma nazivaju se **faktori opstanka**

Ekološka valencija

Ekološka valencija je amplituda kolebanja jednog ekološkog faktora unutar koje je moguć opstanak vrste.

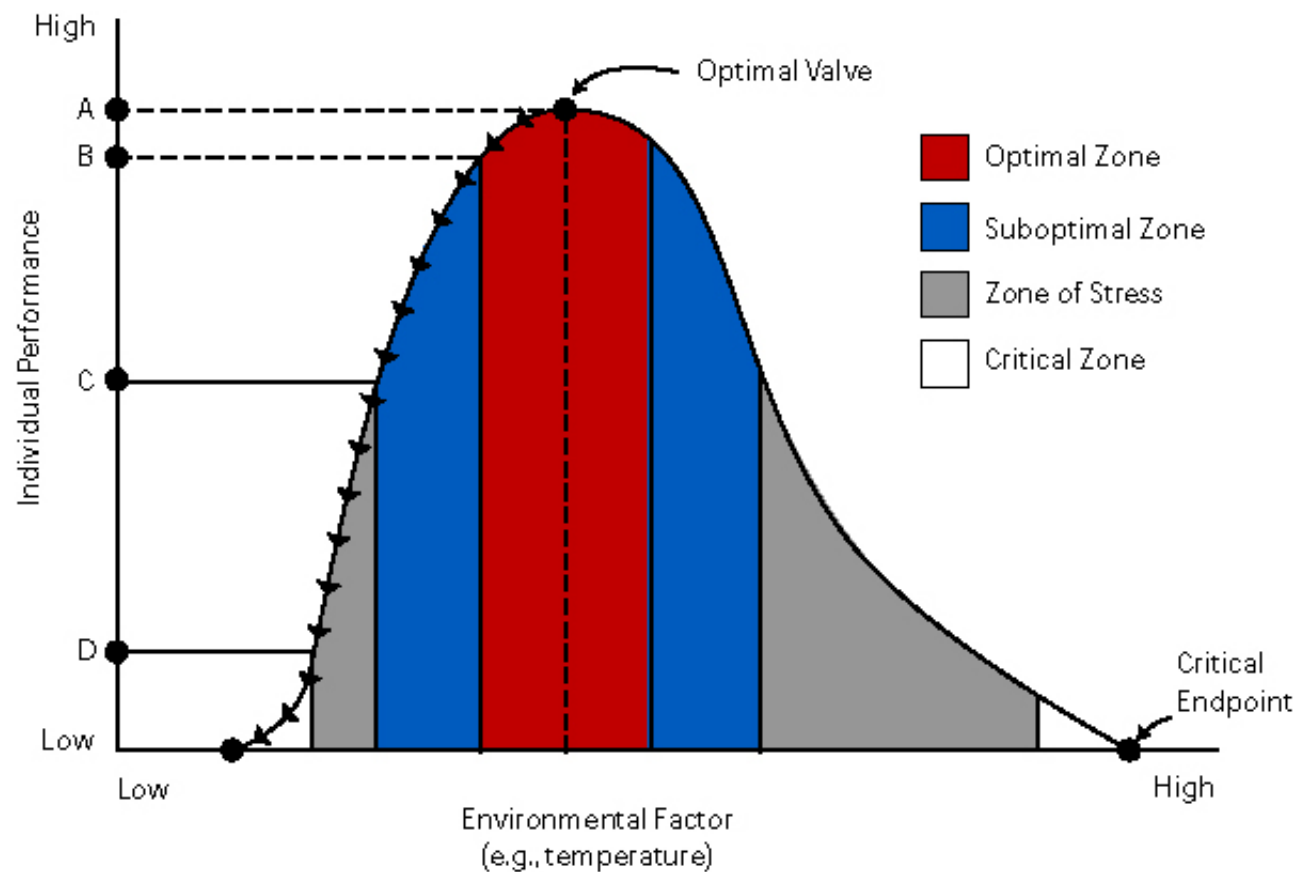
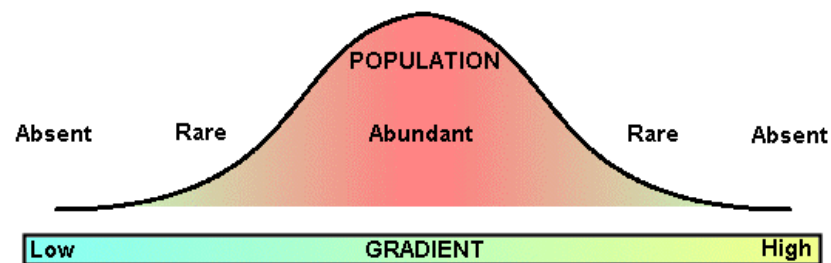
Ekološka valencija nije kruta i nepromjenjiva vrijednost, već ona varira u ovisnosti o uvjetima pod kojima dani faktor djeluje.



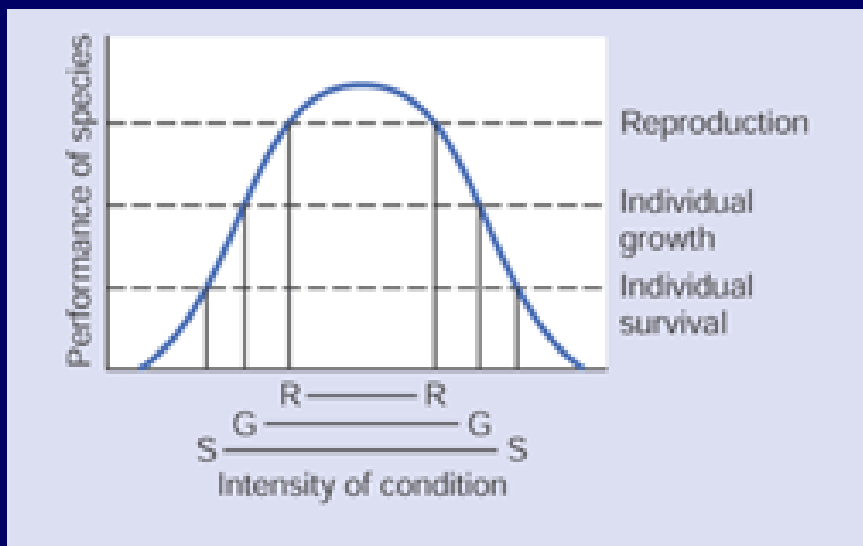
Ekološka valencija je određena kardinalnim točkama

- **Kardinalne točke:**
 - **Optimum** – Intezitet ili količina danog faktora kod kojeg je njegovo djelovanje na organizam najpovoljnije
 - **Maksimum** – Najviši intezitet ili količina danog faktora kod kojeg je još moguć opstanak organizma
 - **Minimum** - Najniži intezitet ili količina danog faktora kod kojeg je još moguć opstanak organizma
 - Maksimum i minimum se zajednički nazivaju **pesimum**
- **Širina ekološke valencije:**
 - **Stenivalentni organizmi** (*steno* = usko) – imaju usku ekološku valenciju
 - **Eurivalentno organizmi** (*huri* = široko) – imaju široku ekološku valenciju
- **Položaj optimuma unutar ekološke valencije:**
 - **Polivalentni tip** – optimum je bliže maksimumu
 - **Mezivalentni tip** – optimum je po sredini između maksimuma i minimuma
 - **Oligovalentni tip** – optimum je bliže minimumu
- **Preferendum** – Uski raspon ekološkog faktora unutar kojeg je koncentriran najveći broj organizama
- **Ekološki spektar vrste** – Skup ekoloških valencija za sve ekološke faktore važne za opstanak vrste

Ekološka valencija



Udaljavanjem od optimuma povećava se stres za organizme, a izvan granica tolerancije (ispod minimuma i iznad maksimuma) nastupa smrt



Niske temperature ne predstavljaju ekstremne uvjete za ovu arktičku ribu ...,

Unutar ekološke valencije vrste moguće je razlikovati raspon uvjeta u okolišu unutar kojeg je moguća reprodukcija (R), individualni rast organizama (G), te preživljavanje organizama (S)



..., dok ova tropska riba u arktičkom moru uginula nakon nekoliko minuta

Kompleks faktora i pravilo minimuma

- Životni okoliš predstavlja kompleks ekoloških faktora koji djeluju kao cjelina i na koje organizam odgovara u cjelini
- **Liebigovo pravilo minimuma** (Liebig, 1840) – Mogućnost opstanka i prosperiteta jedne vrste određeno je faktorom koji se nalazi najbliže minimumu, iako se svi ostali faktori mogu nalaziti u optimumu ili biti blizu njega
- **Opće pravilo djelovanja ekoloških faktora** (Thinemann, 1926) – Brojnost jedne vrste na jednom mjestu određena je onim faktorom koji se u odnosu na razvojni stadij s najužom ekološkom valencijom najviše udaljava po količini i intezitetu od optimuma (“Čvrstoću lanca određuje najslabija karika”)

Podjela ekoloških faktora

1. Abiotički	Temperatura, svjetlo, kisik, voda, vjetar...
2. Biotički	Predacija, kompeticija, mutualizam...
1. Fizički	Temperatura, svjetlo, tlak, valovi...
2. Kemijski	Kisik, pH, hranjive soli...
3. Biološki	Predacija, kompeticija, mutualizam...
1. Ovisni o gustoći	Hrana, kompeticija, predacija...
2. Neovisni o gustoći	Temperatura, vjetar, salinitet...
1. Uvjeti (stanja)	Ne konzumiraju se: temperatura, ph, zagađivala, erupcije, uragani, vlažnost, valovi, struje, vjetar...
2. Resursi	Konzumiraju se: voda, hrana, energije, prostor, spolni partner...

PRILAGODBE ORGANIZAMA NA UVJETE FIZIČKOG OKOLIŠA

Prilagodbe ili adaptacije

- **Prilagodbe ili adaptacije** su strukturne i funkcionalne modifikacije organizama koje idu u pravcu njihovog boljeg usklađivanja s okolišem
- Adaptacije se mogu razviti na dva načina:
- 1. **Evolucijske adaptacije** – svojstva vrsta koja se nasljeđuju, a rezultat su prirodne selekcije kroz dugi niz generacija
- 2. **Individualne adaptacije** – odgovor jedinke kroz ponašanje, fiziologiju ili razvitak

Morfološke

konvergencije: Tipični vretenasti oblik tijela morskog psa postigli su i predstavnici ptica (pingvin), gmazova (izumrli ichtiosaur) i sisavaca (dupin) koji su se sekundarno vratili u morsko stanište

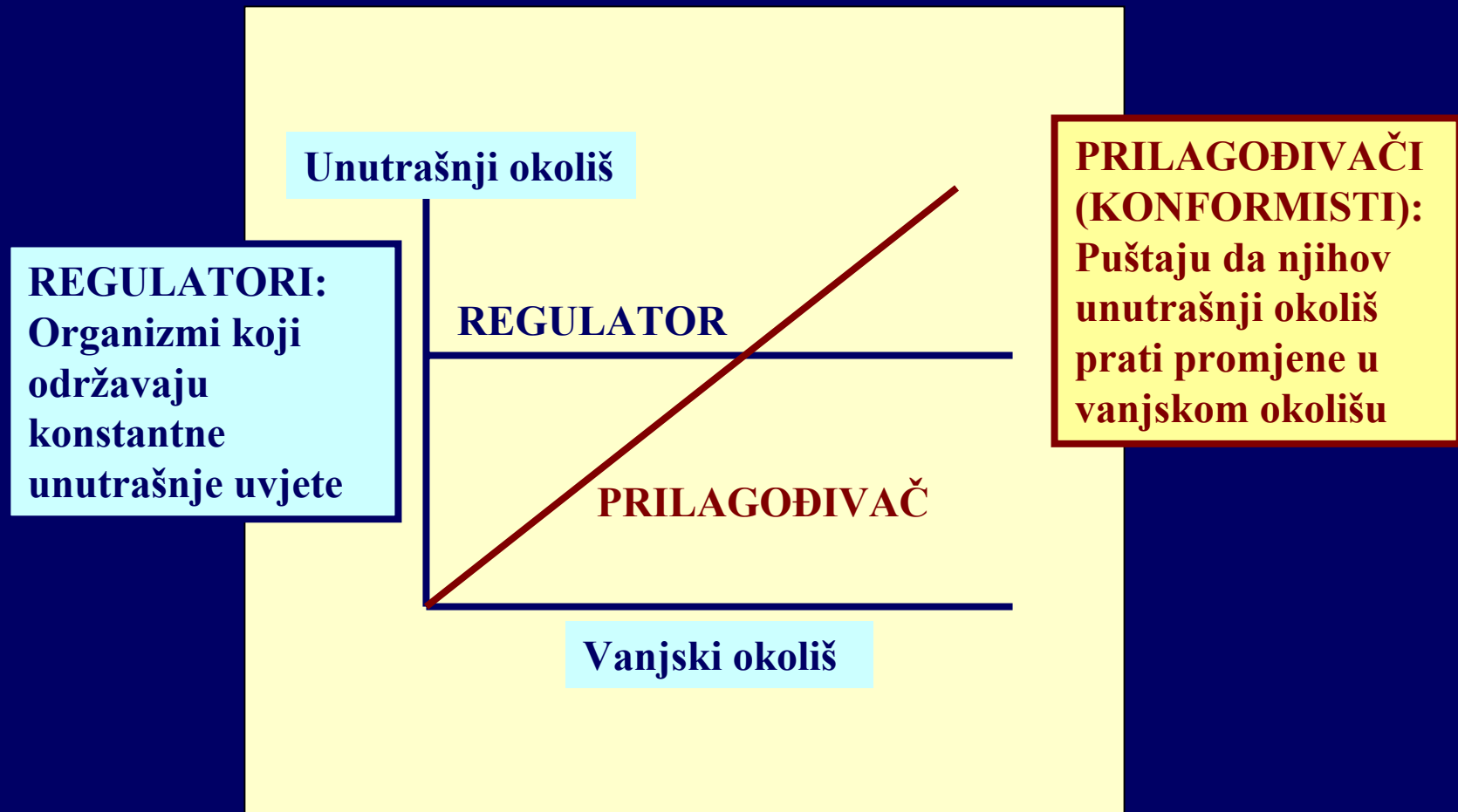


Adaptacije organizama uvijek su
rezultat kompromisa



Riba *Amblyopsis spelaea* koja živi
u podzemnim vodama ima
zakržljale oči i potpuno je slijepa

REGULATORI I PRILAGOĐIVAČI



Adaptacije organizama uvijek su rezultat kompromisa

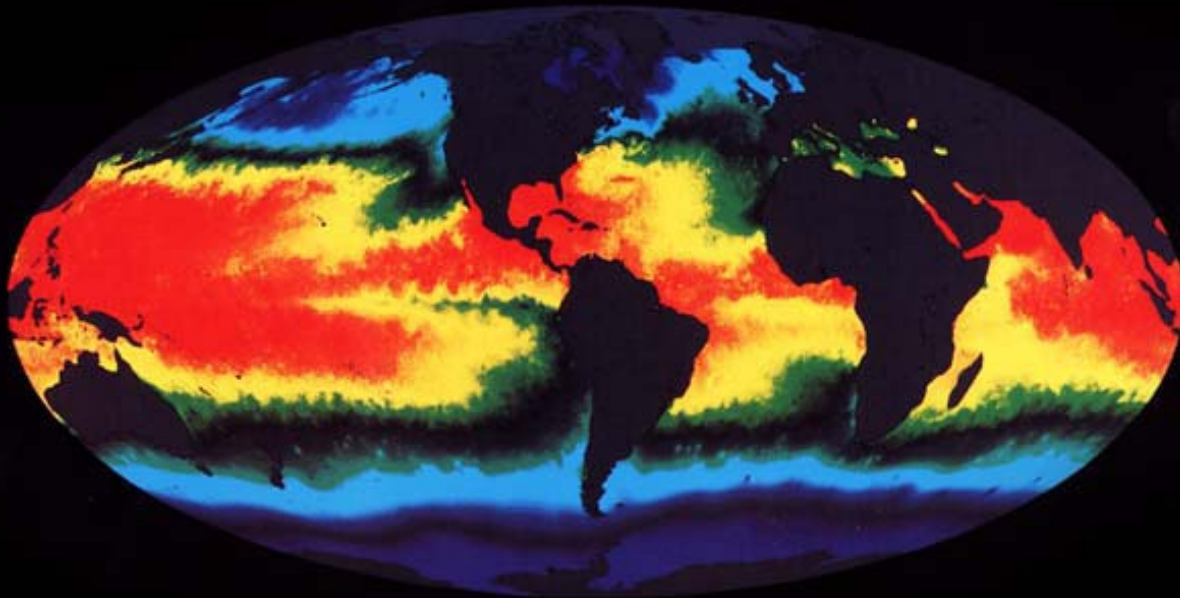
- Svaka adaptacija ima svoju cijenu!
- Nijedan organizam nema na raspolaganju neograničeno vrijeme, resurse ili energiju, pa što dodjeli jednoj funkciji mora se uzeti drugoj (**trade-off**):
 - Vrijeme potrošeno na oprez od predatora uzeto je na uštrb vremena hranjenja
 - Energija potrošena na proizvodnju gameta ne može biti upotrijebljena za rast

PRILAGODBE ORGANIZAMA NA UVJETE FIZIČKOG OKOLIŠA

- 1. Temperatura**
- 2. Salinitet**
- 3. Svjetlo**
- 4. Otopljeni plinovi**
- 5. Gibanja mora**

TEMPERATURA

Global Sea Surface Temperature



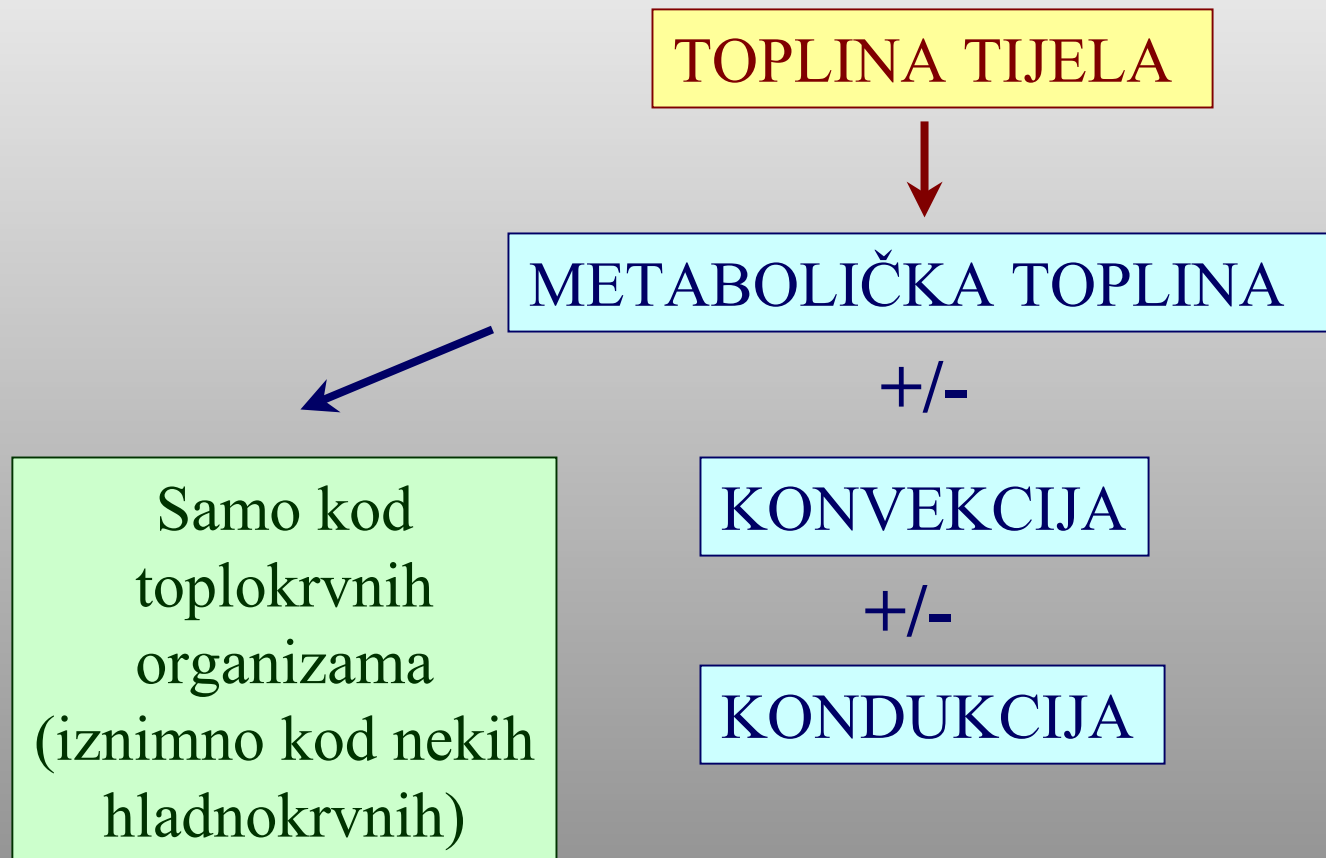
NOAA-7, July 1984

Izmjena topline između organizama i okoliša

- Regulacija temperature tijela odvija se kroz ravnotežu između dobitka i gubitka topline
- Organizmi to mogu mogu postići morfološkim prilagodbama, ponašanjem ili metaboličkom aktivnošću

Mehanizmi izmjene topline između organizama i okoliša

- **Radijacija (zračenje)** je apsorpcija (dobitak) ili emisija (gubitak) elektromagnetskog zračenja čiji izvori pored sunca mogu biti nebo, tlo, drugi organizmi i svi drugi predmeti u okolišu
- **Kondukcija (vodljivost)** je prijenos kinetičke energije topline između objekata ili supstanci koje su u fizičkom kontaktu (termička vodljivost ovisi o površini kontakta, udaljenosti i gradijentu topline; vakuum = 0; zrak = 0.0026; voda = 0.006; bakar = 4)
- **Konvekcija** je gibanje tekućina ili plinova iznad čvrstih predmeta (npr. hlađenje putem vjetra; grijanje fenom)
- **Evaporacija (isparavanje)** je samo gubitak topline (evaporacija 1 g vode s površine tijela uklanja 2.43 KJ topline na temperaturi od 30°C)



Načini regulacije tjelesne topline

- **Poikilotermi, ektotermi ili hladnokrvni organizmi**
 - Ne reguliraju tjelesnu temperaturu putem metaboličke aktivnosti
 - Temperatura tijela ovisi o temperaturi vanjskog okoliša
 - Putem morfoloških i anatomskih prilagodbi, te putem ponašanja ovi organizmi manipuliraju s radijacijom, kondukcijom, konvekcijom i evaporacijom
 - U ove organizme spadaju sve biljke i sve životinje osim sisavaca i ptica
- **Homeotermi, endotermi ili toplokrvni organizmi**
 - Aktivno reguliraju tjelesnu temperaturu putem metaboličke aktivnosti
 - U ove organizme spadaju sisavci i ptice

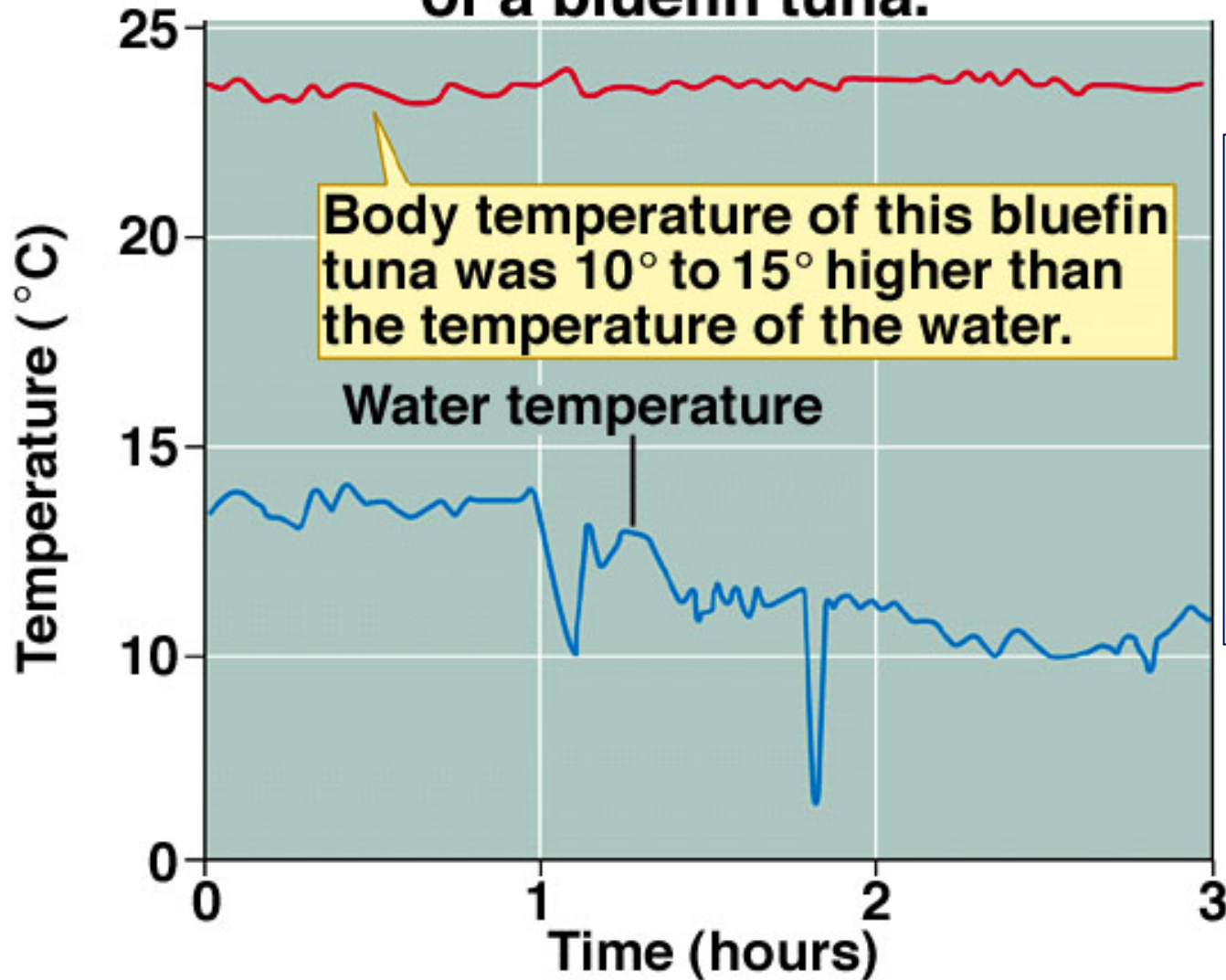
DEFINICIJE

Homeotermija	Održavanje konstantne temperature tijela, najčešće više od temperature okoliša (“toplokrvnost”)
Poikilotermija	Nemogućnost reguliranja tjelesne temperature, prilagođavanje temperaturi okoliša (“hladnokrvnost”)
Endotermija	Povećanje razine metabolizma kao odgovor na hlađenje tijela, a u svrhu održavanja homeotermije
Ektotermija	Upućenost na vanjske izvore topline (sunčevo zračenje, kondukcija) u svrhu povećanja tjelesne temperature
Heterotermija	Fakultativno smanjenje tjelesne temperature kod endoterma
Fakultativna endotermija	Povećanje temperature tijela kod ektoterma putem određenih fizioloških procesa

Podjela na ektoterme i endoterme nije apsolutna

- Ektotermi mogu održavati visoku temperaturu nekih dijelova tijela
- Tuna održava temperaturu i do 40°C u središtu svoje mišićne mase
- Sabljarke razvijaju posebne metaboličke grijače od mišićnog tkiva koji održavaju visoku temperaturu u njihovim mozgovima

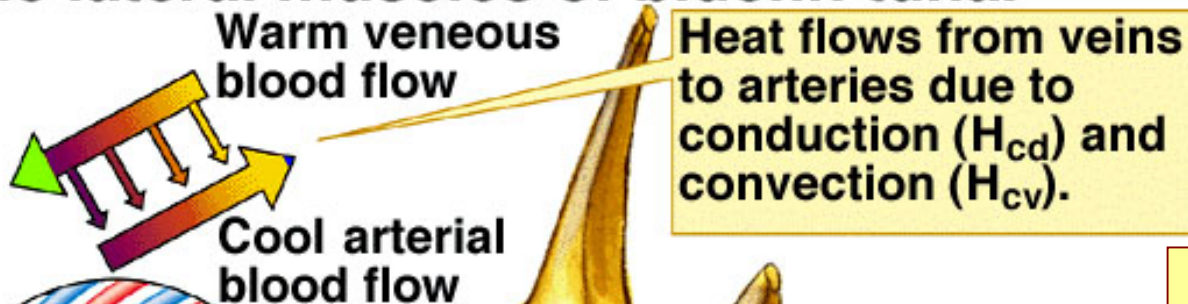
Water temperature and body temperature of a bluefin tuna.



Tuna održava temperaturu tijela za 10-15°C višom u odnosu na temperaturu okoliša

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No reproduction or display without prior written permission.

Countercurrent heat exchange in the lateral muscles of bluefin tuna.



Vertebra

Dark muscle

Cutaneous vein transports warm blood from dark lateral muscles.

Cutaneous artery transports cool blood from gills.

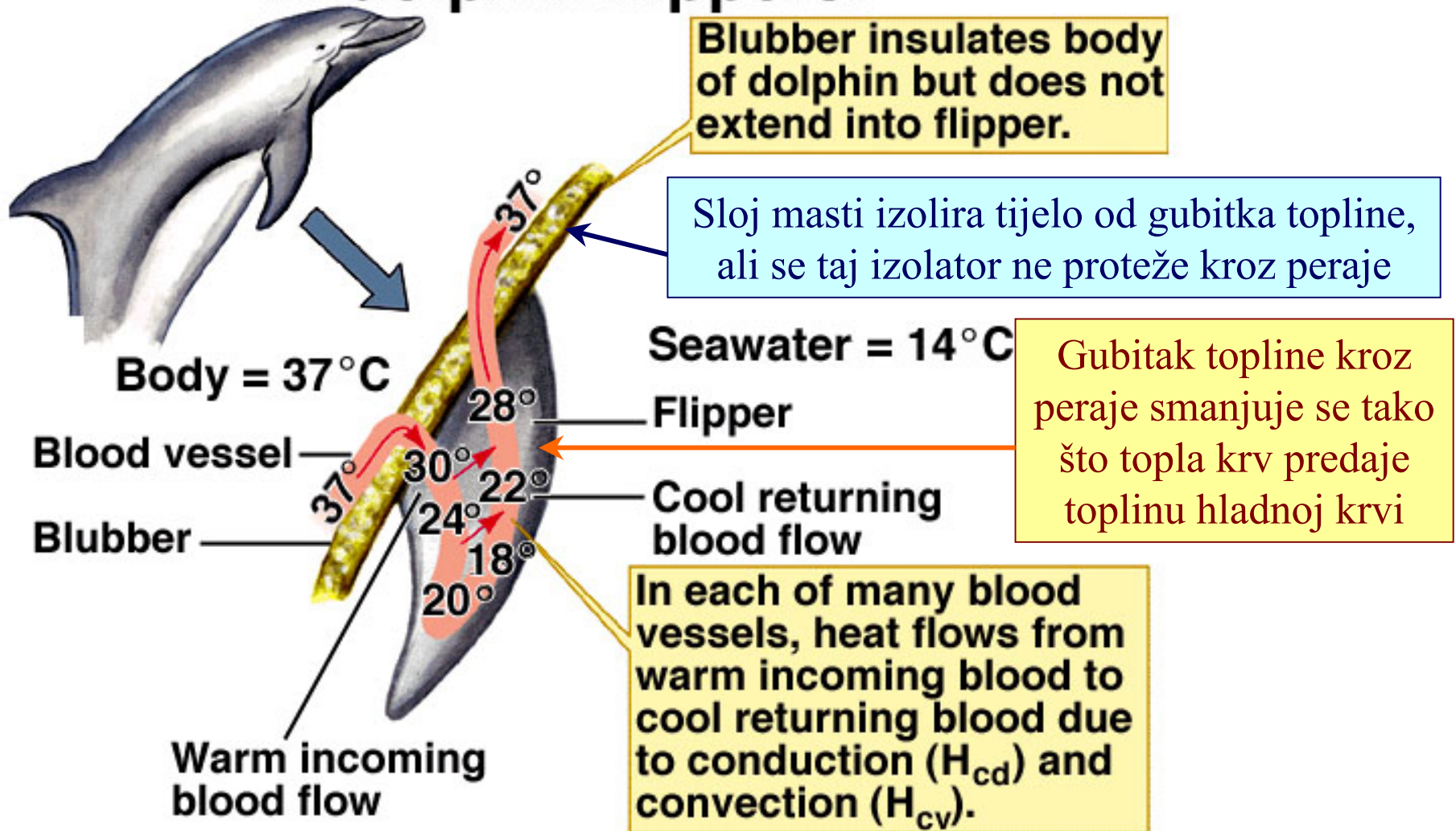
High metabolic rate of dark lateral muscles generates metabolic heat (H_m).

Visoka stopa metabolizma u mišićima tune generira toplinu. Vene koje provode toplu krv pružaju se paralelno s arterijama koje provode hladnu krv. Toplina iz vena predaje se konvekcijom i kondukcijom arterijama čime se štedi toplina.

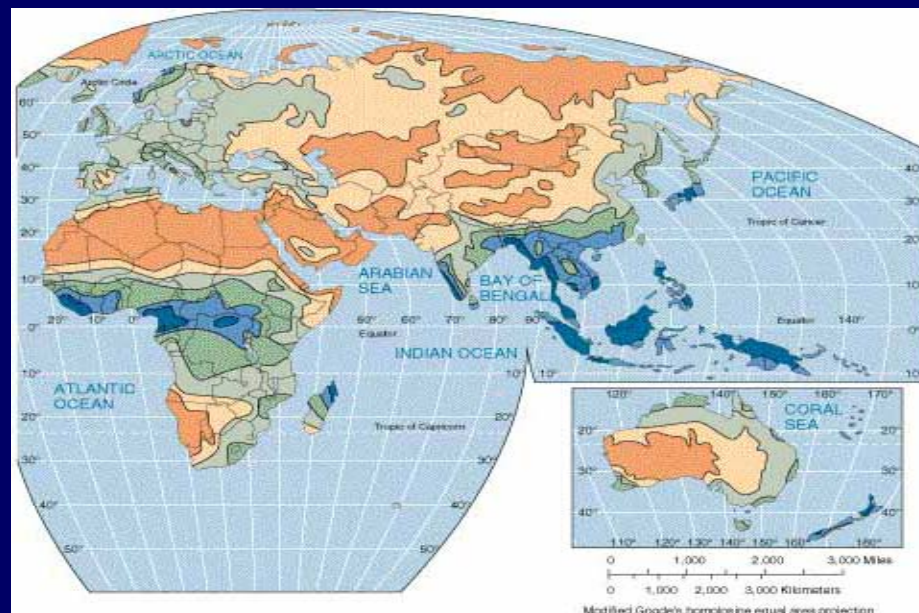
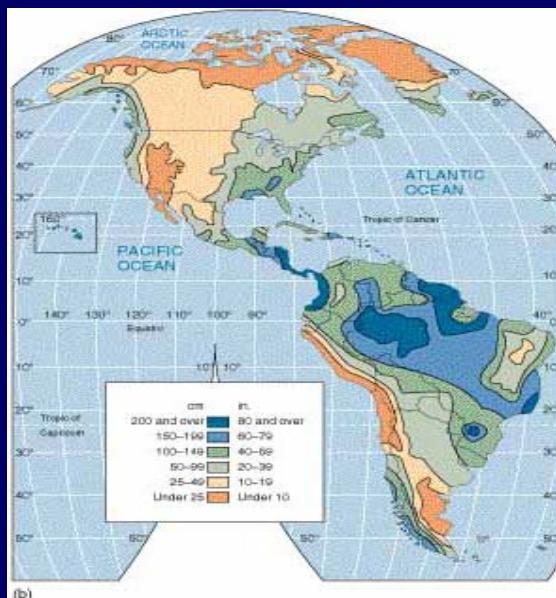
S obzirom da i ektotermi mogu proizvoditi toplinu, zbog čega je endotermija tako rijetka pojava?

- Dio odgovora leži u problemu veličine tijela (ektotermi su u pravilu manjih dimenzija)
- Što je niži površina/volumen (krupnije životinje) omjer, to regulacija temperature može biti preciznija

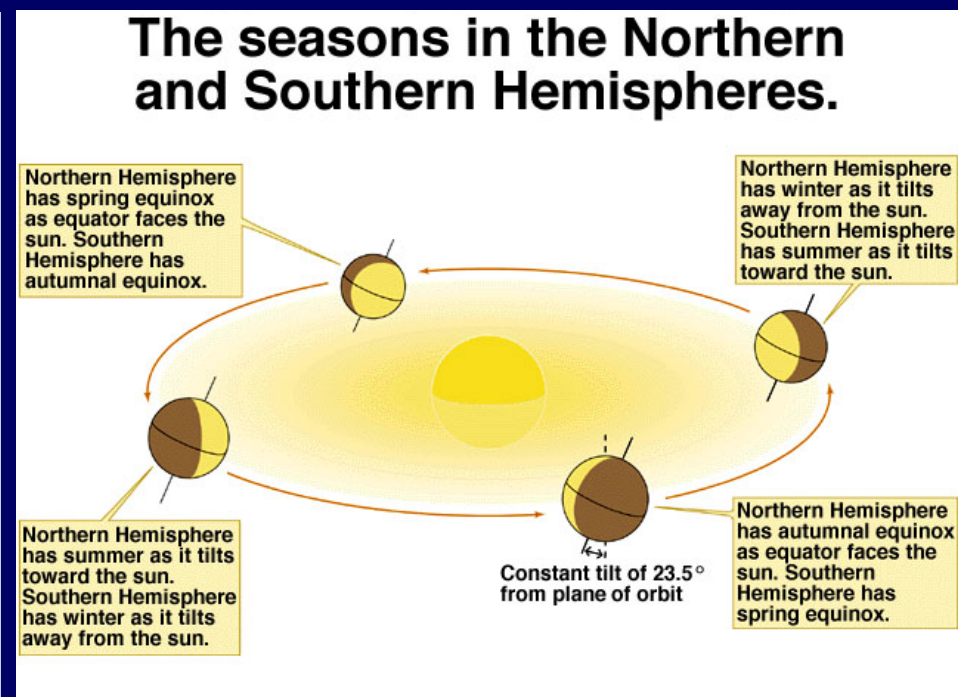
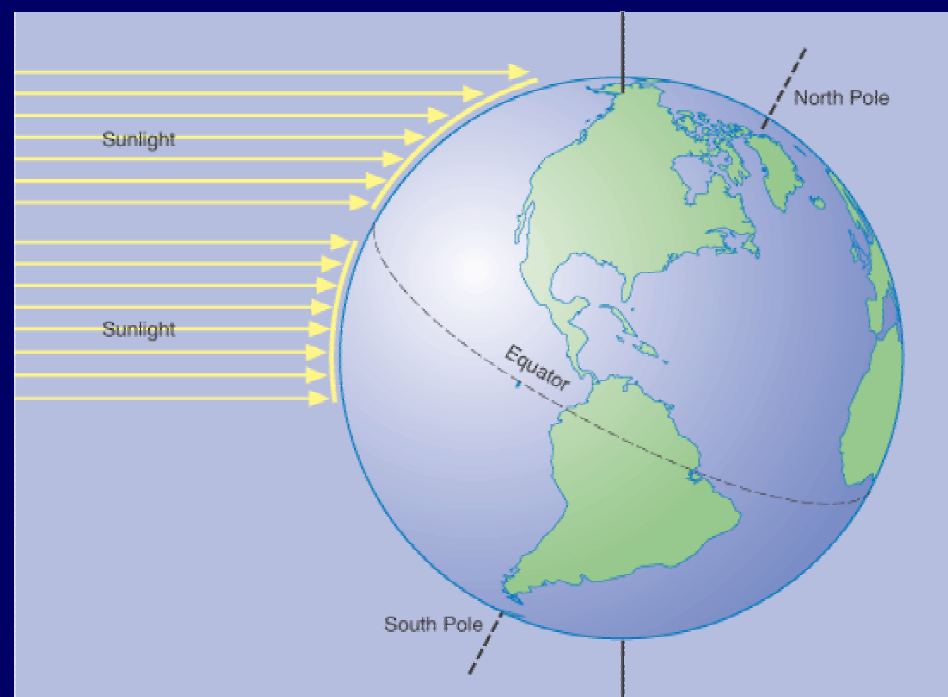
Countercurrent heat exchange in dolphin flippers.

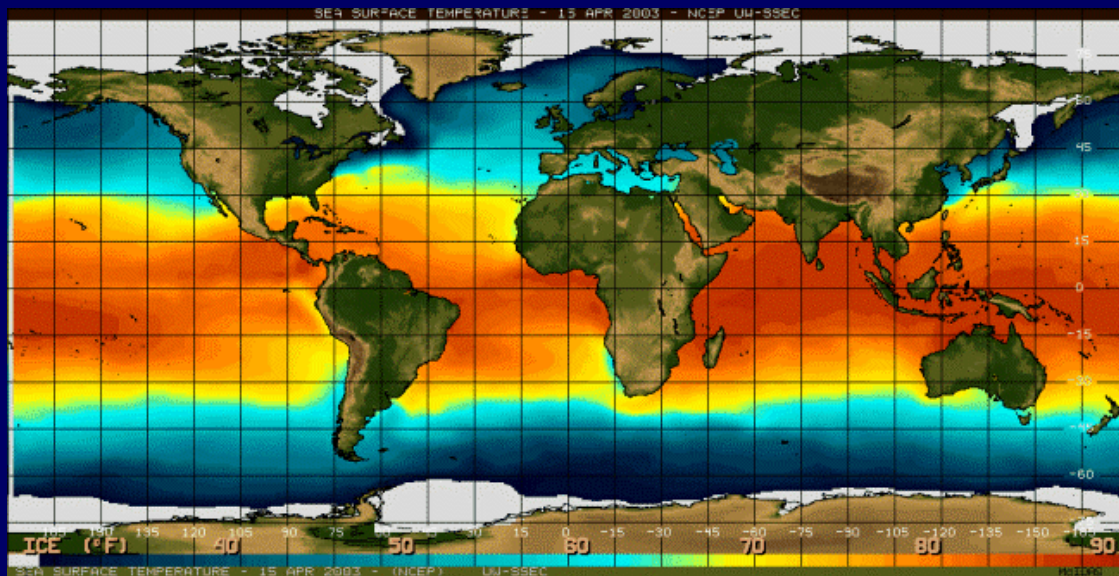


Utjecaj temperature na horizontalnu (geografsku) i vertikalnu raspodjelu morskih organizama

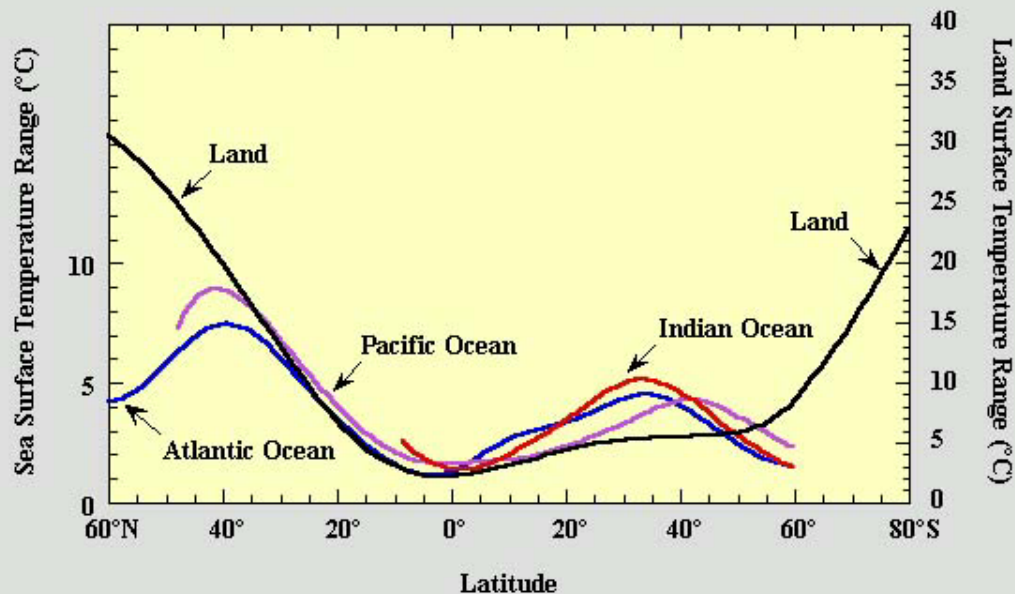


Nagnutost Zemljine osi i njena rotacija oko sunca definiraju količinu sunčevog zračenja koje dopijeva do Zemljine atmosfere na različitim geografskim širinama ...



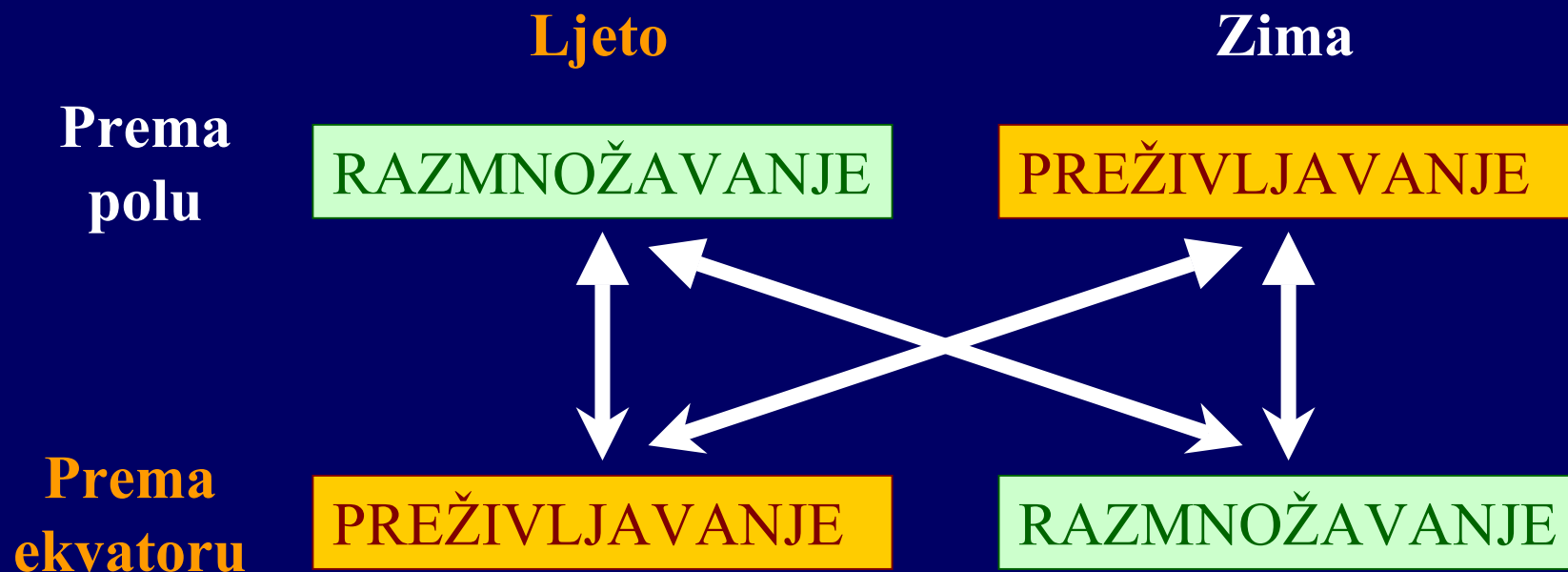


... rezultat čega je raspodjela površinske temperature svjetskih mora, kao i njene sezonske oscilacije. Najveće godišnje varijacije temperature u morima prisutne su na srednjim geografskim širinama, dok su prema polovima i na ekvatoru minimalne



M. Šolić: Ekologija mora

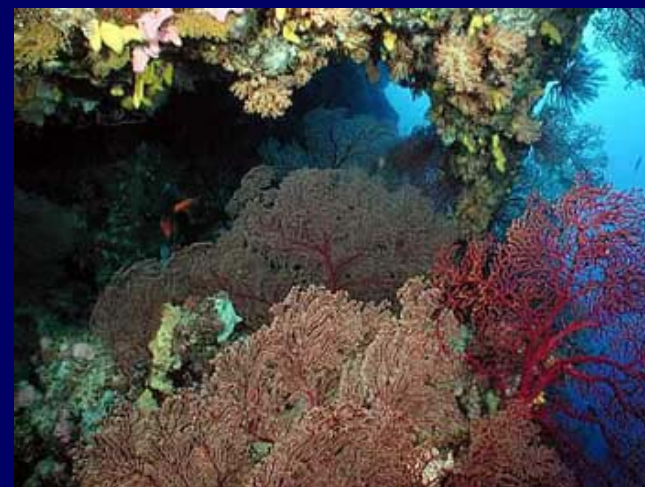
- Temperatura odjeljuje **stenotermne** organizme jedne od drugih (“hladne”, “tople” i “umjerene”)
- Svi tipovi stenotermnih vrsta pomiješani su s **euritermnim (kozmpolitskim)** vrstama
- Općenito, raniji razvojni stadiji imaju uži raspon temperaturne tolerancije od kasnijih stadija



Četiri moguća tipa ograničenja distribucije (Prema Hutchins, 1947)

PRIMIJERI STENOTERMNIH VRSTA

- Tropski koralji graditelji koraljnih grebena ne mogu živjeti u područjima gdje minimalna zimska temperatura pada ispod 20°C
- Školjkaš *Pecten groenlandicus*, srodnik mediteranske vrste *Pecten jacobaeus* (jakobova kapica) živi uz istočnu obalu Grenlanda gdje temperatura mora nikada ne prelazi 0°C. Ova vrsta ne može živjeti iznad 4°C



Geografska distribucija alga

• Tropska mora

- Obilato su zastupljene crvene alge, kao i neke skupine zelenih alga (npr. red Siphonales)
- Na koraljnim grebenima je vegetacija alga vrlo bujna. Ovdje neke skupine alga inkrustiraju vapnenac i tako aktivno sudjeluju u stvaranju grebena (npr. rodovi *Halimeda* i *Lithotamnion*, te porodica Dasycladaceae)
- Fenomen tropskih mora su plutajući sargasi (rod *Sargassum*) koji stvaraju ogromnu biomasu (oko 5 tona po kvadratnoj milji)





Acetabularia sp.

Dasycladaceae



Bornatella sp.



Halimeda



Rod *Lithotamnion*

Lithotamnion glaciale

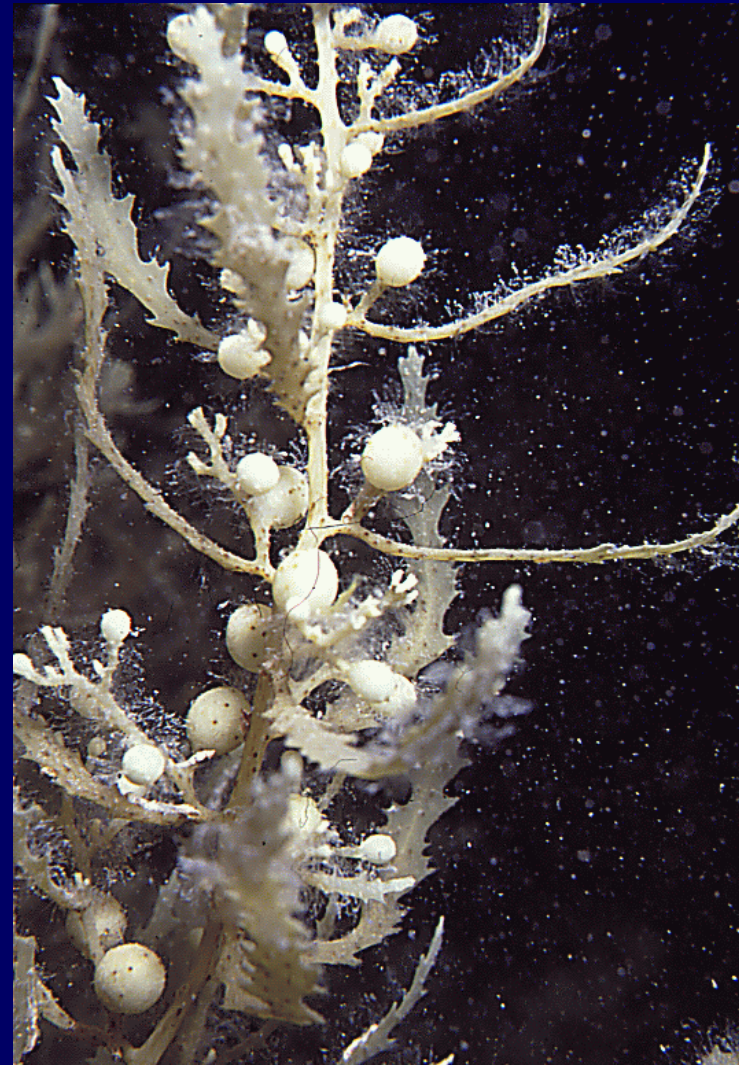


Lithotamnion purpureum

Plutajući sargasi

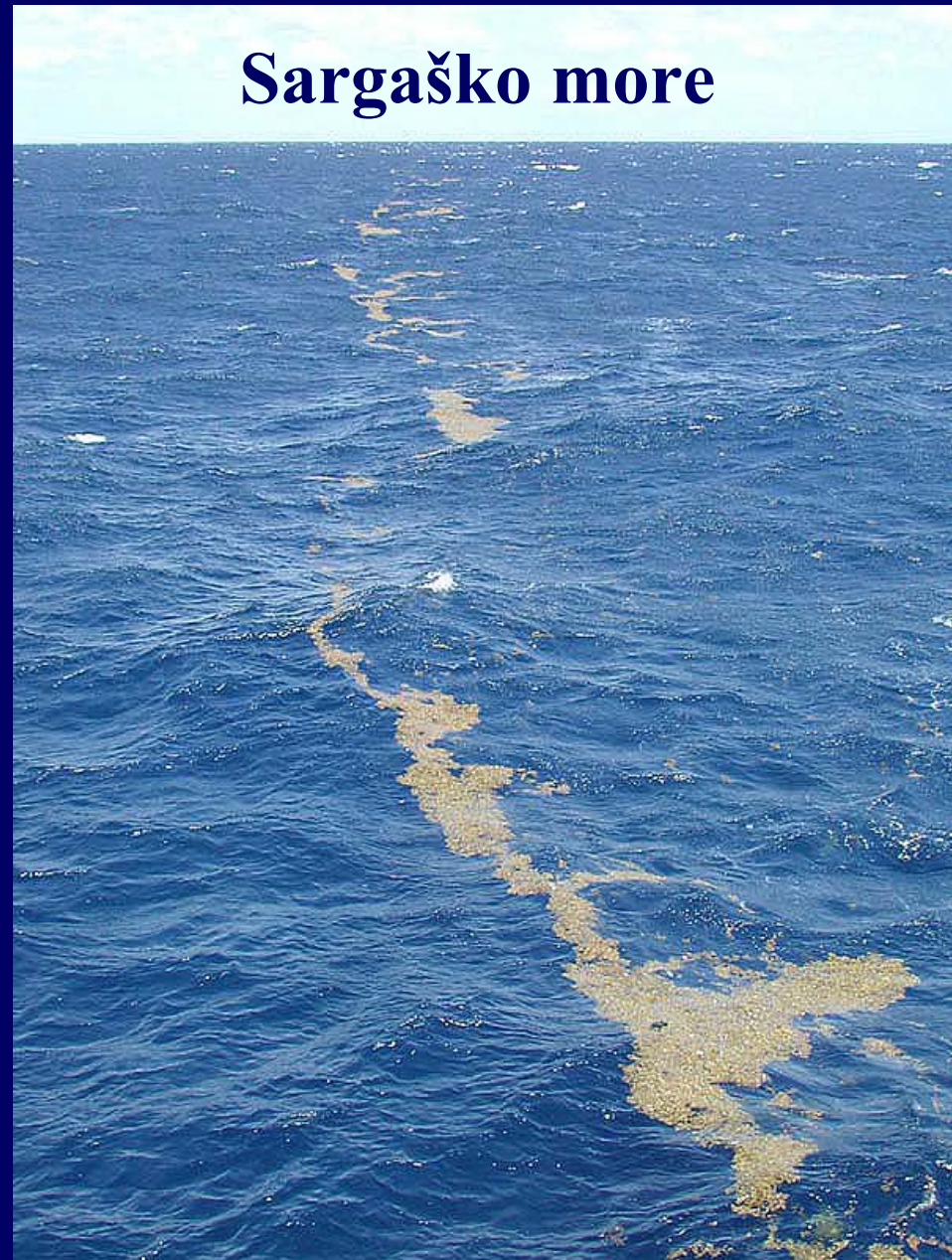
Rod *Sargassum*

- Plutajući sargasi se odlikuju odsutnošću svake seksualnosti (razmnožavaju se vegetativno što vodi k gigantizmu). To se objašnjava na dva načina:
 - Homogenost ambijentalnih uvjeta (temperatura, salinitet)
 - Odsutnost podloge za prihvaćanje embrija
- Smatra se da vode prijeklo od bentoskih alga iz područja Antila



Plutajući sargasi

Sargaško more



Geografska distribucija alga

- **Umjerena mora**

- Umjereno topla mora (npr. Sredozemno more) - vegetacija alga se prvenstveno sastoji od crvenih alga i manjih smeđih alga
 - Još su prisutne neke tropske vrste
 - Glavna vegetacijska sezona u blizini površine je u proljeće, a u dubljim slojevima ljeti i zimi
- Umjereno hladna mora (npr. Sjeverno more) – dominiraju smeđe alge



Geografska distribucija alga

- **Hladna mora**

- Ova su mora siromašna vrstama, dominiraju smeđe alge koje dostižu najveće dimenzije (alge kao što su laminarije po svojim dimenzijama nadilaze i najveće kopnene biljke i uz plutajuće sargase su najveće poznate alge)
- U ovim morima rastu “šume” kelpa – smeđih alga koje imaju veliku gospodarsku važnost (gnojiva, farmaceutska industrija)
- Što su mora hladnija to je udio smeđih alga veći u odnosu na ukupni broj, a pogotovo biomasu alga
- Feldmanov omjer: omjer između crvenih i smeđih alga (R/P omjer). Ovaj omjer iznosi oko 1.5 za Arktičko mora, 2 za Sjeverno more, 3 za Sredozemno more, te 4.6 za tropska mora



Rod *Laminaria*



Laminaria digitata (Hudson) J.V.
Lamouroux



Laminaria digitata



Macrocystis pyrifera

Utjecaj temperature na vertikalnu raspodjelu morskih organizama

- Budući da godišnja kolebanja temperature brzo opadaju s dubinom, temperatura utječe na vertikalni (batimetrijski) raspored vrsta
- **Tropska (ekvatorijalna) submerzija** – pojava da stenotermne vrste hladnih voda pokazuju tendenciju spuštanja u dubinu na srednjim i niskim geografskim širinama (prate temperaturu koja im odgovara)
- Vertikalna selekcija vrsta osobito je izražena u području plime i oseke, budući da su kolebanja temperature puno veća u zraku nego u vodi



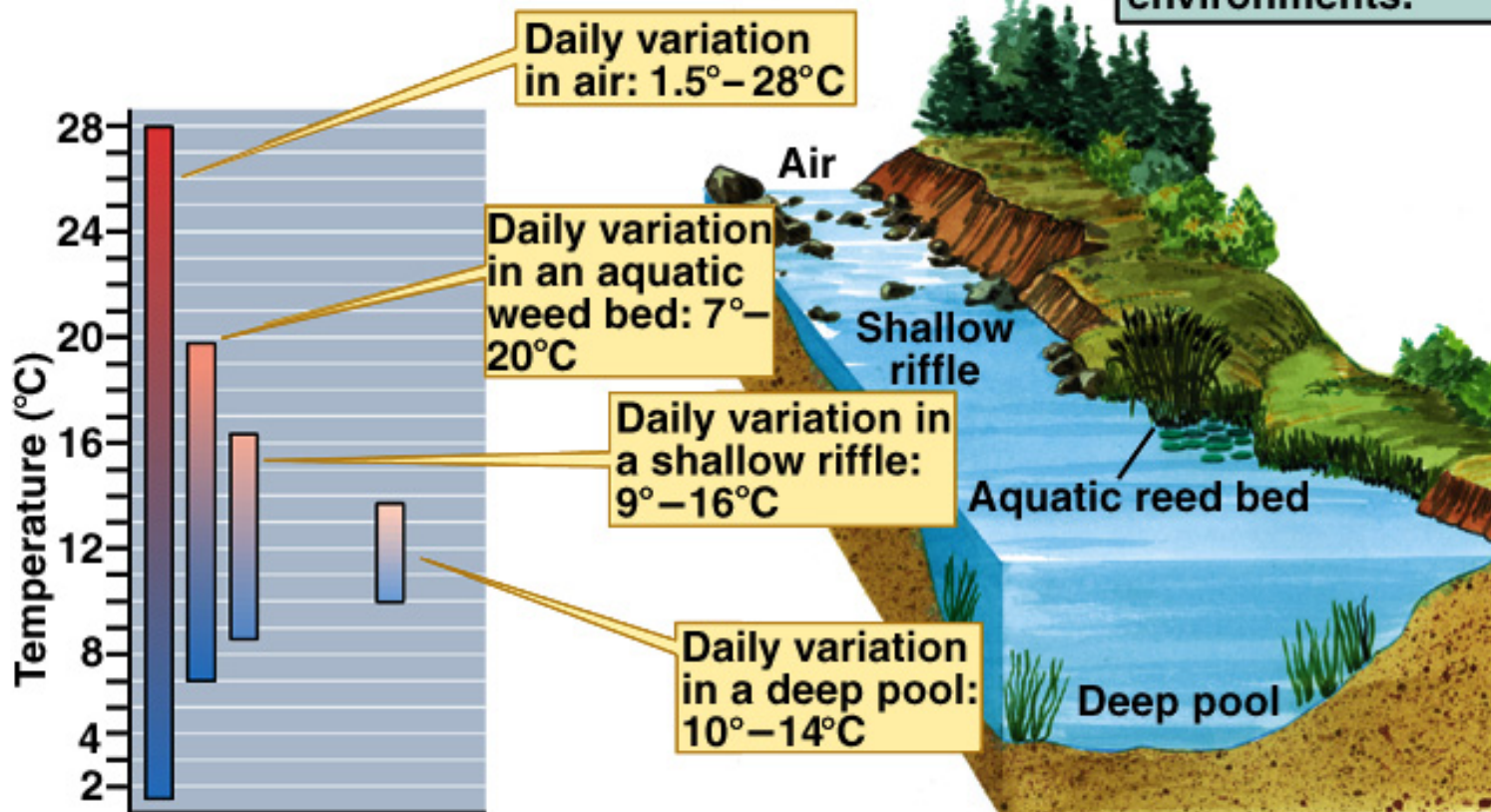
Letalne temperature za puževe na južnoafričkim obalama

Supralitoral	43.0° C
Donji mediolitoral	39.5° C
Gornji rub infralitorala	34.1° C

Lokalna odudaranja temperature od općih uvjeta određenih geografskom širinom i dubinom su česta (npr. lagune, fjordovi, podmorski vrući izvori, pojedini dijelovi staništa itd.)

Aquatic Microclimates

Aquatic environments generally show less temperature variation than do terrestrial environments.



Ekstremne temperature



Extremne temperature

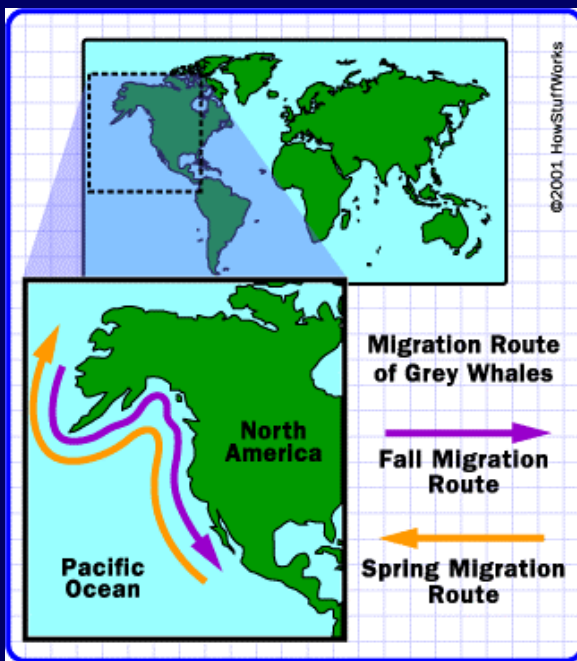
- Morski organizmi u pravilu bolje podnose niže temperature, dok je na visokim temperaturama raspon letalne zone znatno uži
- Morski su organizmi razvili različite prilagodbe za preživljavanje u uvjetima ekstremnih temperatura:
 - Pokretni organizmi mogu migrirati u druga područja, ili se vertikalnim gibanjem u vodenom stupcu pozicionirati u području optimalne temperature.
 - Proizvodnja trajnih stadija pomoću kojih se preživljavaju nepovoljna razdoblja (npr. ciste kod mnogih planktonskih organizama)
 - Proizvodnja glicerola ili drugih supstanci koje djeluju kao antifriz i sprječavaju smrzavanje tjelesnih tekućina (prisutno kod mnogih organizama koji žive u hladnim polarnim vodama)

Migracije kao odgovor na ekstremne uvjete

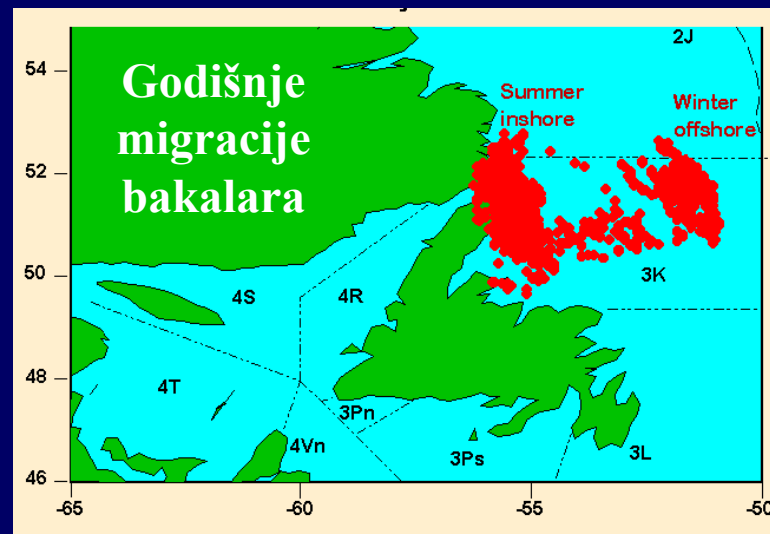
Migracije rakova



Migracije haringe



Migracije sivog kita



Život na ekstremno niskim temperaturama



Pingvini su se prilagodili životu na ekstremno niskim temperaturama kakve vladaju na Antarktiku



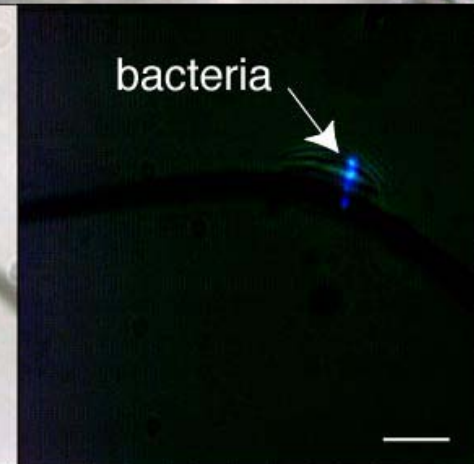
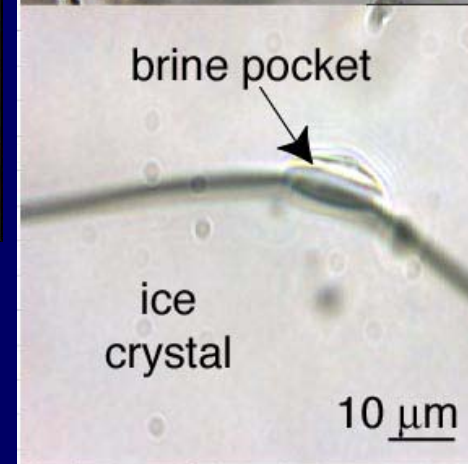
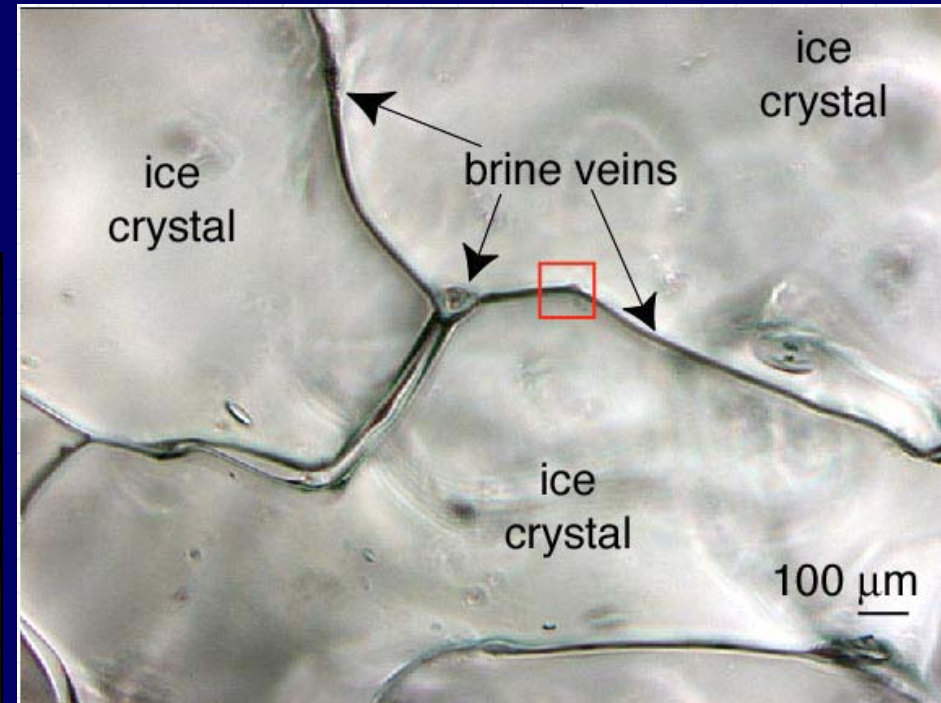
Arktička
riba



Dijatomeje u ledu



Bakterije u ledu

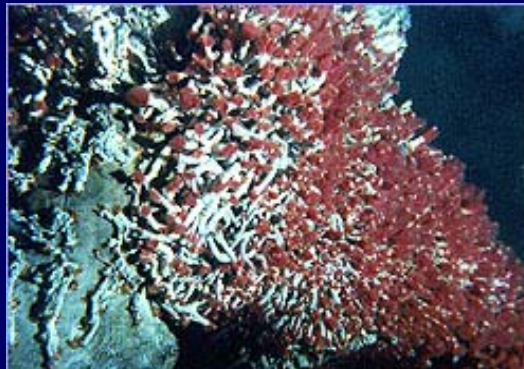
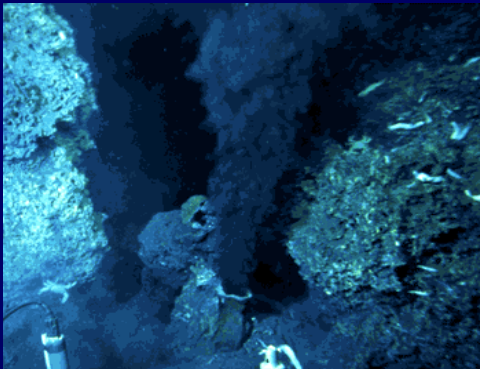
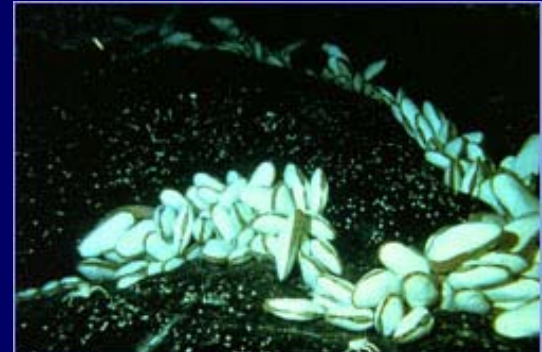


Život na ekstremno visokim temperaturama



Čak i u kipućoj vodi vrućeg izvora u Yellowstonskom nacionalnom parku žive termofilne bakterije

Zajednice vrućih podmorskih izvora



Organizmi su prilagođeni temperaturi okoliša u kojem žive

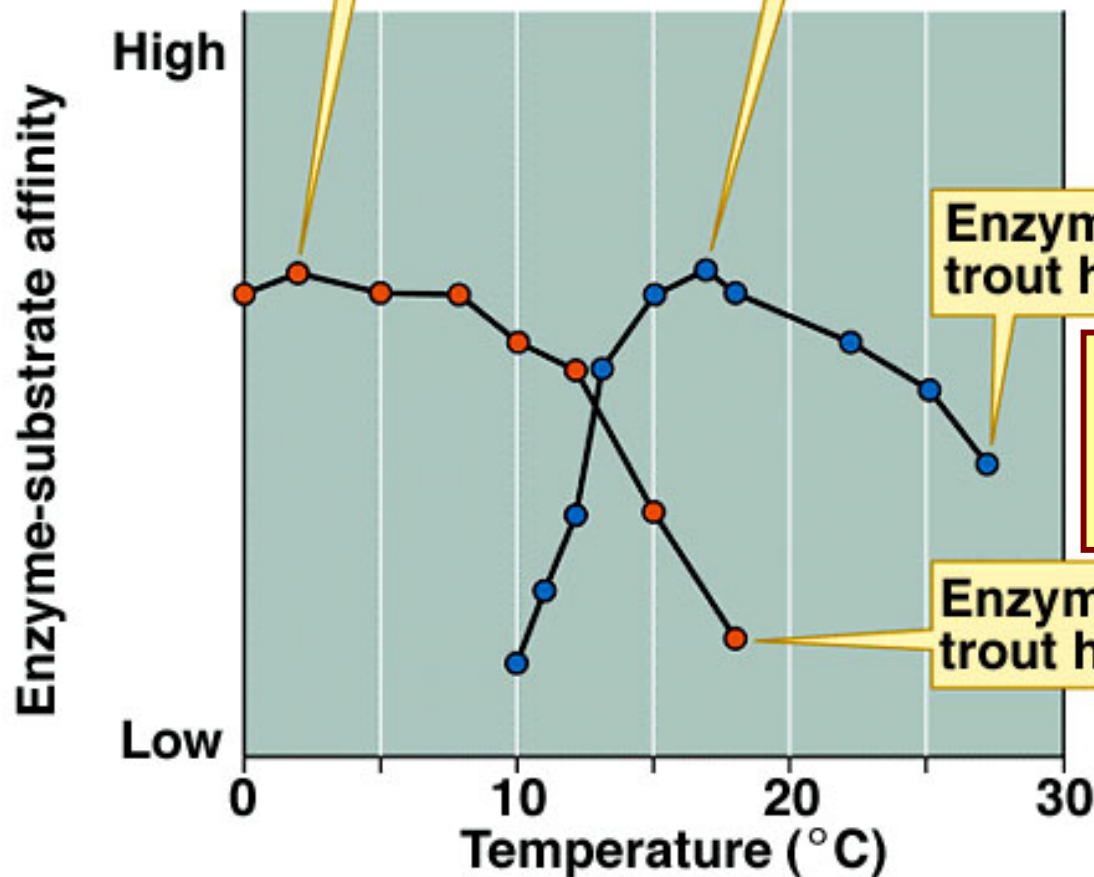
- Većina vrsta pokazuje maksimum svojih aktivnosti u vrlo uskom rasponu temperatura, rasponu koji upravo odgovara temperaturama u okolišu (arktičke ribe plivaju jednako brzo kao i tropske)
- Utjecaj temperature na aktivnost organizama počinje već na molekularnoj razini, gdje temperatura utječe na aktivnost enzima

Aktivnost enzima prilagođena je temperaturama na kojima organizmi žive

Temperature and enzyme activity.

Acetylcholinesterase of trout held at 2°C shows highest affinity for its substrate at 2°C.

Acetylcholinesterase of trout held at 17°C shows highest affinity for its substrate at 17°C.

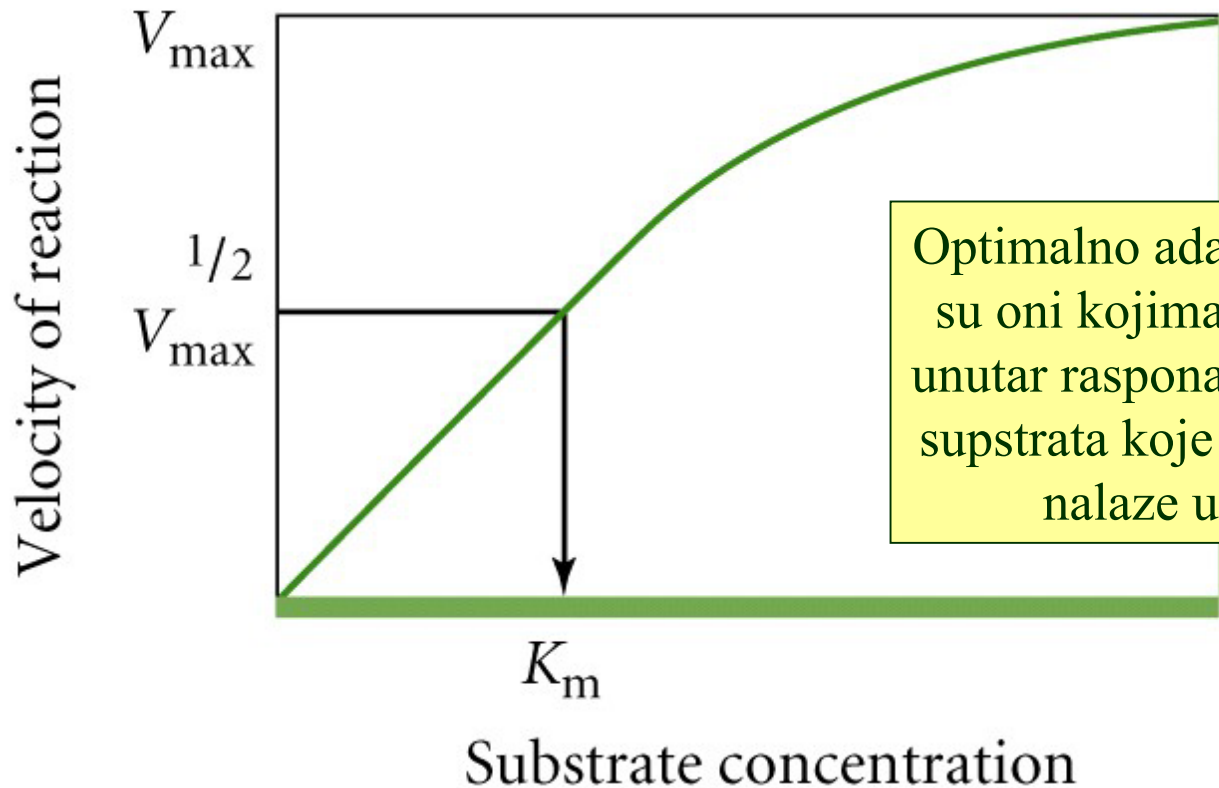


Enzyme from trout held at 17°C.

Pastrva je sposobna proizvesti različite forme istog enzima

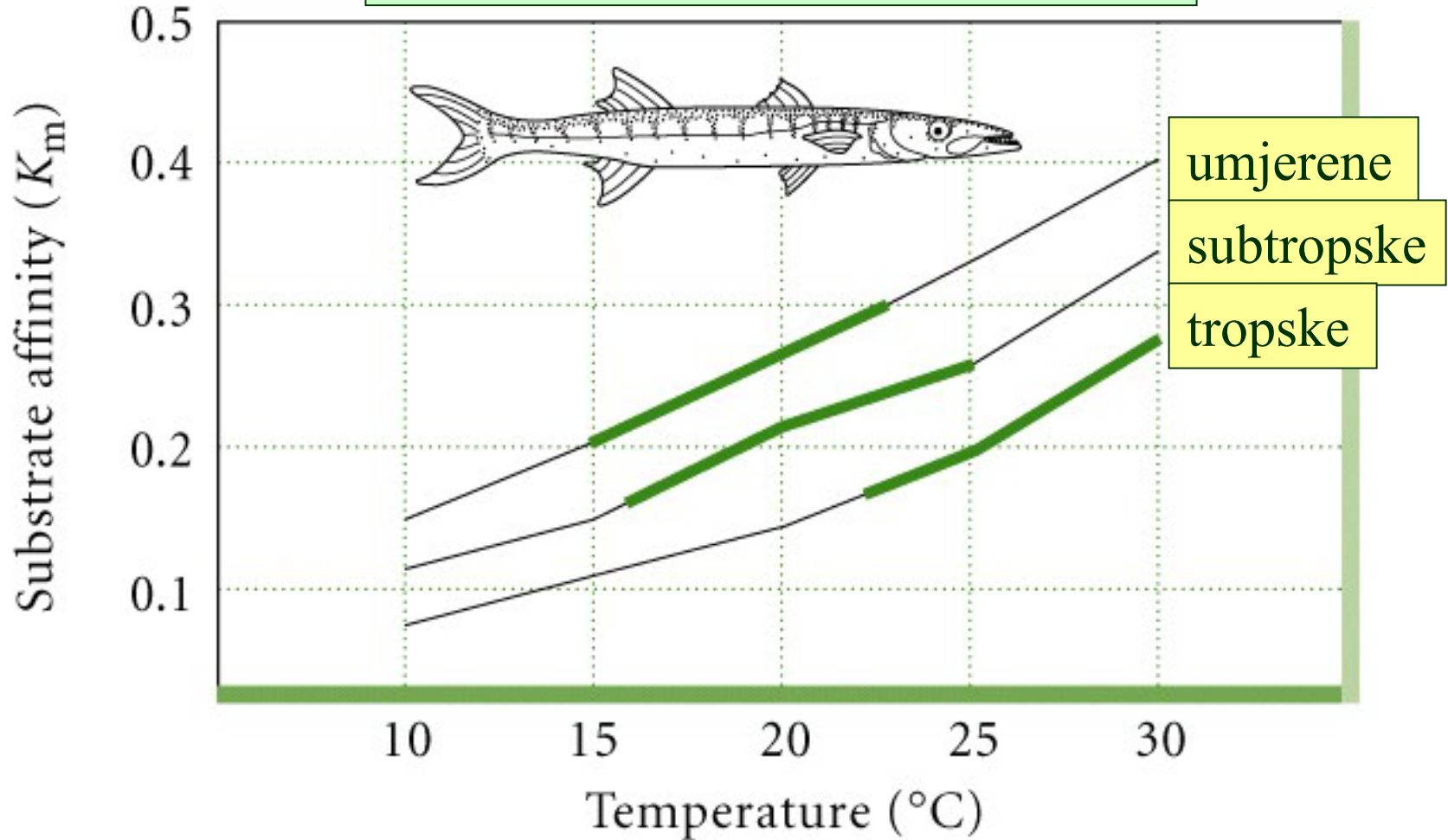
Enzyme from trout held at 2°C.

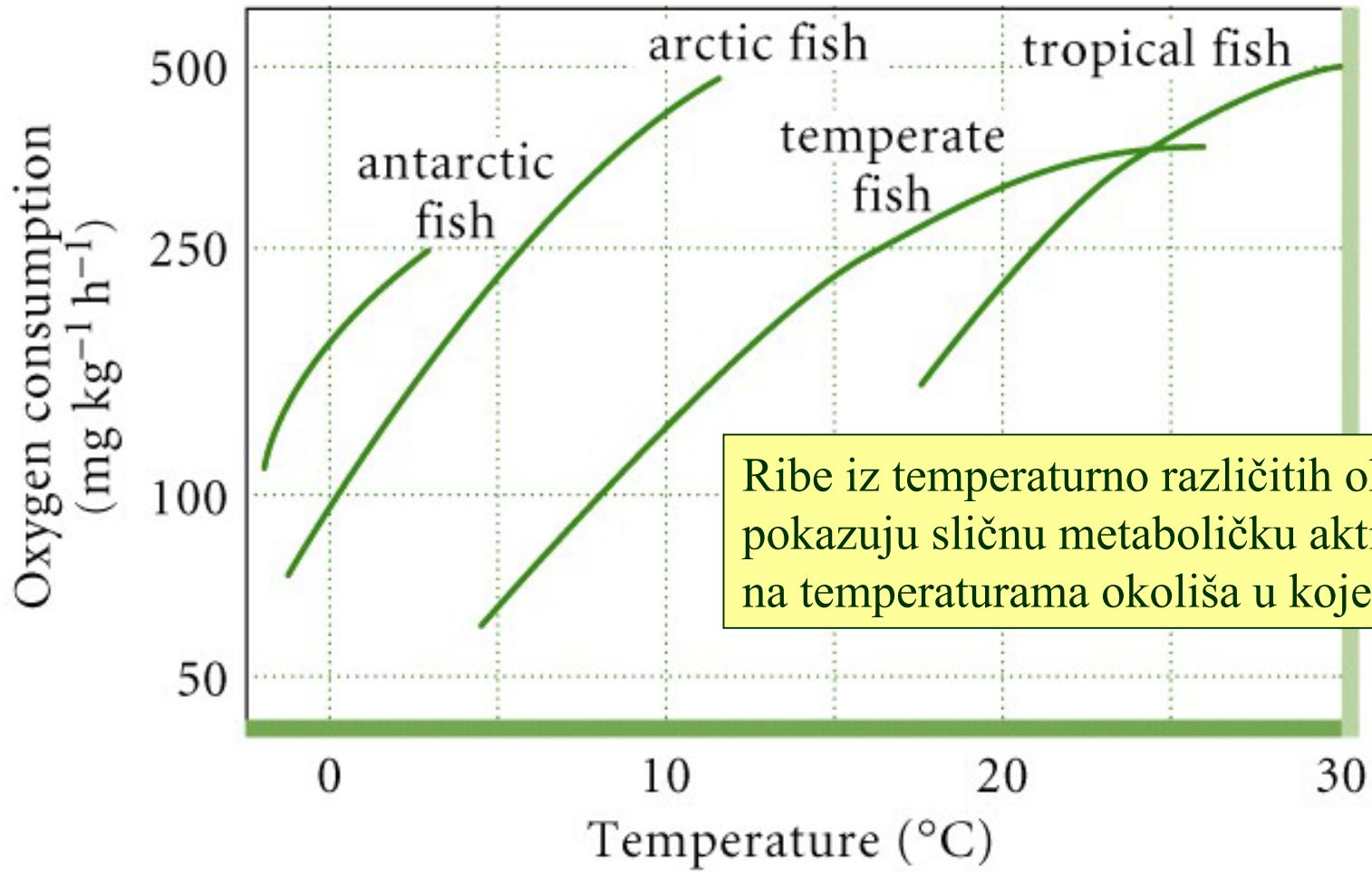
Mjera katalitičke sposobnosti enzima je lakoća kojom se enzim veže za supstrat. Ona se izražava Michaelis-Mentonovom konstantom (K_m) koja predstavlja koncentraciju supstrata kod koje je brzina reakcija jednaka $\frac{1}{2}$ od maksimalne



Optimalno adaptirani enzimi su oni kojima se K_m nalazi unutar raspona koncentracija supstrata koje se uobičajeno nalaze u tkivima

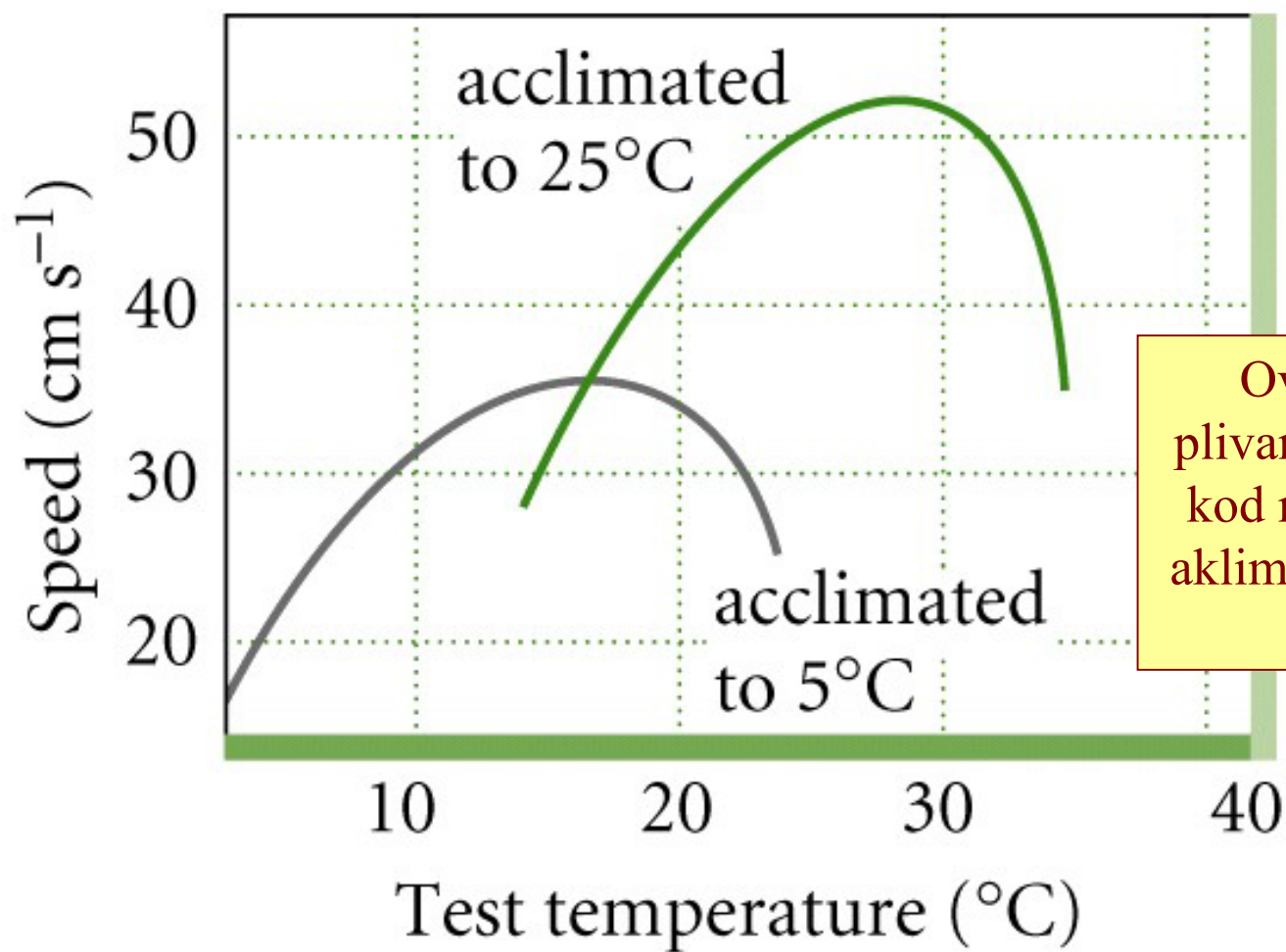
Utjecaj temperature na enzimatsku aktivnost kod tri vrste barakuda





Ribe iz temperaturno različitih okoliša pokazuju sličnu metaboličku aktivnost na temperaturama okoliša u kojem žive

Temperaturna prilagodba kod zlatne ribice



Ovisnost brzine plivanja o temperaturi kod ribica prethodno aklimatiziranih na 5°C i 25°C

Utjecaj temperature na morske organizme

- **Temperature utječe na brojne značajke kod morskih organizama:**
 - **Razmnožavanje i razvitak**
 - **Veličinu**
 - **Brzinu metabolizma**
 - **Ponašanje**

Utjecaj temperature na razmnožavanje i razvitak morskih organizama

- Prisutnost različitih tipova sezonskog parenja
- Kritične temperature za procese sazrijevanja i oslobađanja spolnih produkata
- Tendencija ranijeg parenja kod vrsta koje žive u plićim područjima budući da se ova ranije zagrijavaju
- Jedinke iste vrste kasnije spolno sazrijevaju u hladnijim vodama:
 - Haringa spolno sazrijeva dvije godine ranije u južnom dijelu svoga areala
 - Jegulje u Italiji spolno sazrijevaju između 5. i 7. Godine, a u Danskoj između 8. i 9. godine



Utjecaj temperature na razvitak organizama

- Individualni razvitak hladnokrvnih organizama (organizama koji ne održavaju konstantnu tjelesnu temperaturu) se u pravilu odvija brže na višim temperaturama. Kako se tijekom razvitka organizam mijenja, djelovanje temperature na brzinu razvitka je različito za pojedine razvojne stadije. Pri tome razlikujemo nekoliko važnih temperaturnih parametara:
 - **Temperaturni prag razvitka** – najniža temperatura na kojoj se razvitak zaustavlja (u pravilu se ne poklapa s donjom letalnom temperaturom)
 - **Temperaturna konstanta** – izražava ukupnu sumu toplotne energije koja je neophodna za odvijanje razvitka određenog razvojnog stadija ili ukupnog razvitka jedinke, bez obzira na kojoj se temperaturi razvoj događa (pravilo “sume topline” ili “sume efektivnih temperatura”)

Krivulja koja opisuje trajanje razvitka u ovisnosti o temperaturi ima oblik hiperbole (njena recipročna vrijednost je pravac) i definirana je sljedećom jednačinom:

$$D (T - t_0) = C$$

D – ukupno trajanje razvitka

T – temperatura na kojoj se razvitak odvija

t_0 – temperaturni prag razvitka

C – termalna konstanta

Drugim riječima, produkt trajanja razvitka i efektivne temperature (višak temperature iznad praga razvitka; $T - t_0$) ima konstantnu vrijednost koja se naziva **termalna konstanta**

Ako je poznata temperatura praga razvitka (t_0), tada je moguće izračunati trajanje razvitka na različitim konstantnim temperaturama:

$$D = C/(T - t_0)$$

Ukoliko je poznato trajanje razvitka na dvjema različitim temperaturama, moguće je izračunati temperaturni prag razvitka kojega je inače vrlo teško empirijski utvrditi. Kada je na obje temperature termalna konstanta ista, onda vrijedi:

$$D(T - t_0) = D_1(T_1 - t_0)$$

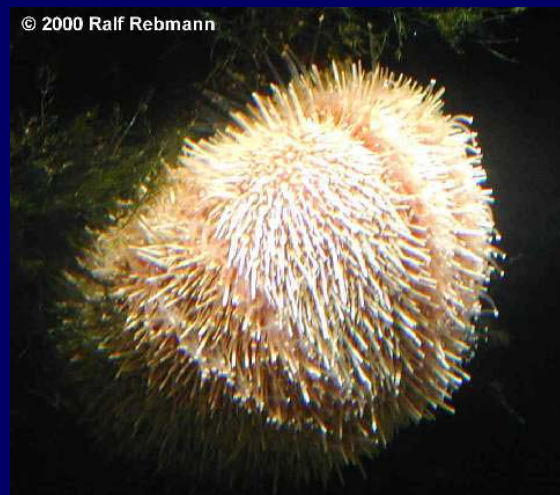
pa je prema tome

$$t_0 = (TD - T_1D_1)/(D - D_1)$$

Termalna konstanta može imati vrlo veliki praktični značaj jer omogućava procjenu brzine razvitka jedinki u danim uvjetima temperature. Odnos godišnje sume srednjih dnevnih efektivnih temperatura u danom području naprema vrijednosti termalne konstante dane vrste predstavlja indeks koji pokazuje da li se vrsta može održati u tom području i koliki broj generacija može dati tijekom godine

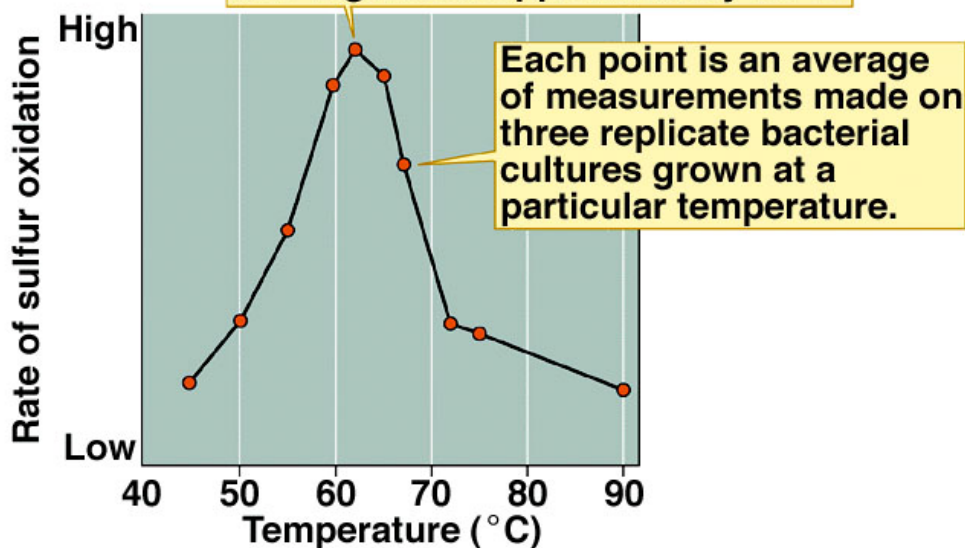
Utjecaj temperature na rast i veličinu morskih organizama

- Veličina organizama može biti odraz brzine rasta i/ili trajanja rasta
- Rast organizama može se odvijati tijekom čitavog života, tijekom nezrelih stadija (npr. neki mekušci) ili tijekom aduklnog života.
- Često postoje izmjene razdoblja rasta tijela s razdobljima rasta gonada (npr. kod ježinca *Echinus esculentus* tijelo raste od siječnja do lipnja, a gonade od lipnja do kolovoza)
- Kod većine organizama postoji optimalna temperatura ispod i iznad koje brzina rasta opada
- Temperatura može na veličinu organizama djelovati i posredno preko količine hrane (npr. veća biomasa planktona u proljeće i jesen) ili preko aktivnosti hranjenja (npr. udarci cirija kod *Balanus balanoides* su pravilni i pravilno se povećavaju u rasponu od 2-21°C

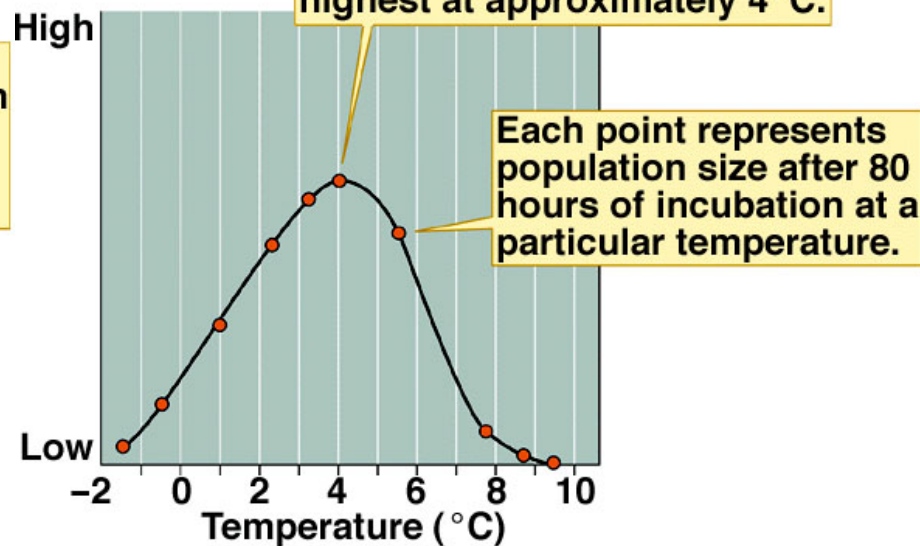


Temperatura i rast bakterija

Rate of sulfur oxidation by these bacteria from a 59°C hot spring was highest at approximately 63°C.



Rate of population growth by these antarctic bacteria was highest at approximately 4°C.



Stopa rasta bakterija iz vrućih izvora bila je najveća kod temperature od 63°C

Stopa rasta antarktičkih bakterija bila je najveća kod temperature od 4°C

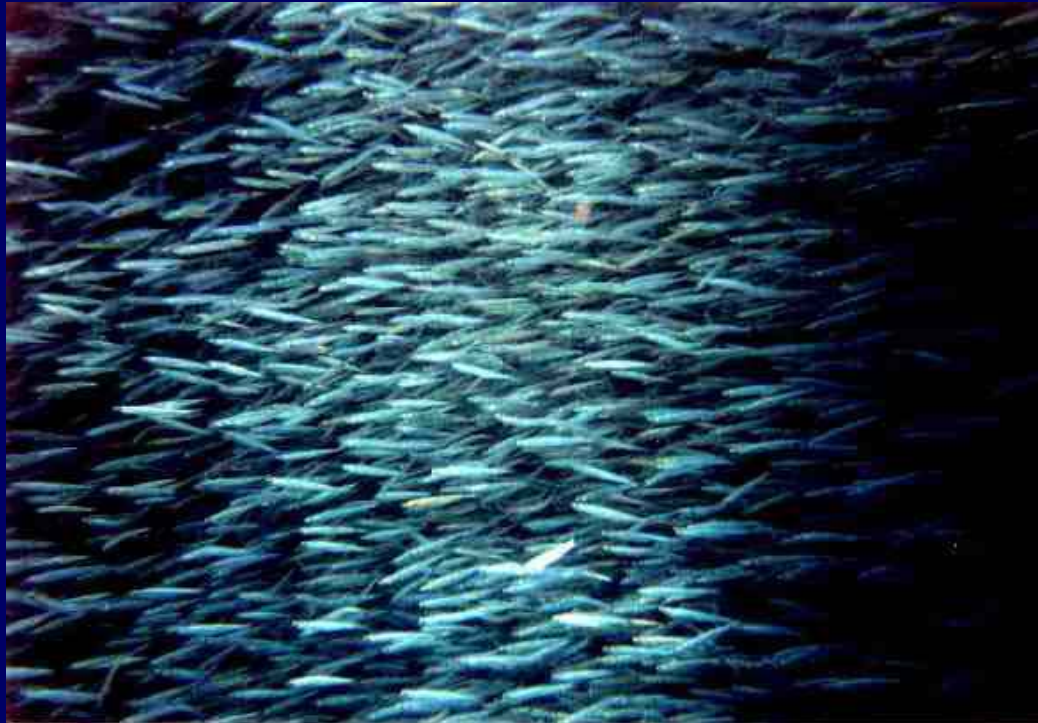
Utjecaj temperature na brzinu metabolizma morskih organizama

- Respiracija, mjerena konzumacijom kisika, kod kopepoda *Calanus finmarchicus* eksponencijalno se povećava u rasponu temperature od 0 do 20°C
- Respiracija, mjerena konzumacijom kisika, kod dagnje *Mytilus edulis* povećava se u rasponu temperature od 0 do 20°C (na ovoj temperaturi dostiže maksimalnu vrijednost) i potom opada s daljnjim povišenjem temperature iznad 20°C



Utjecaj temperature na ponašanje morskih organizama

- Pacifička srdela se na temperaturama između 8 i 10°C drži u skupinama (plovama), dok se na temperaturama između 15 i 20°C plove raspršuju, a jedinke se povlače u veće dubine



Utjecaj temperature na ponašanje morskih organizama

Ličinka kamenice provodi u planktonu:

7 dana na temperaturi od 24-27°C

13 dana na temperaturi od 23-24°C

17 dana na temperaturi od 29°C

21 dana na temperaturi manjoj od 20°C



Ostrea edulis - kamenica

SALINITET



Salinitet kao ekološki faktor

- Utjecaj saliniteta na morske organizme manifestira se kroz više aspekata:
 - Salinitet zajedno s temperaturom mora određuje gustoću morske vode što je važno za vertikalno miješanje vodenog stupca, kao i za lebdenje planktonskih organizama (specifična težina)
 - Salinitet daje morskoj vodi veliki osmotski potencijal na što su se organizmi morali prilagoditi
 - Salinitet je posljedica otopljenih soli u moru od kojih su mnoge važna hranjiva za primarne proizvođače

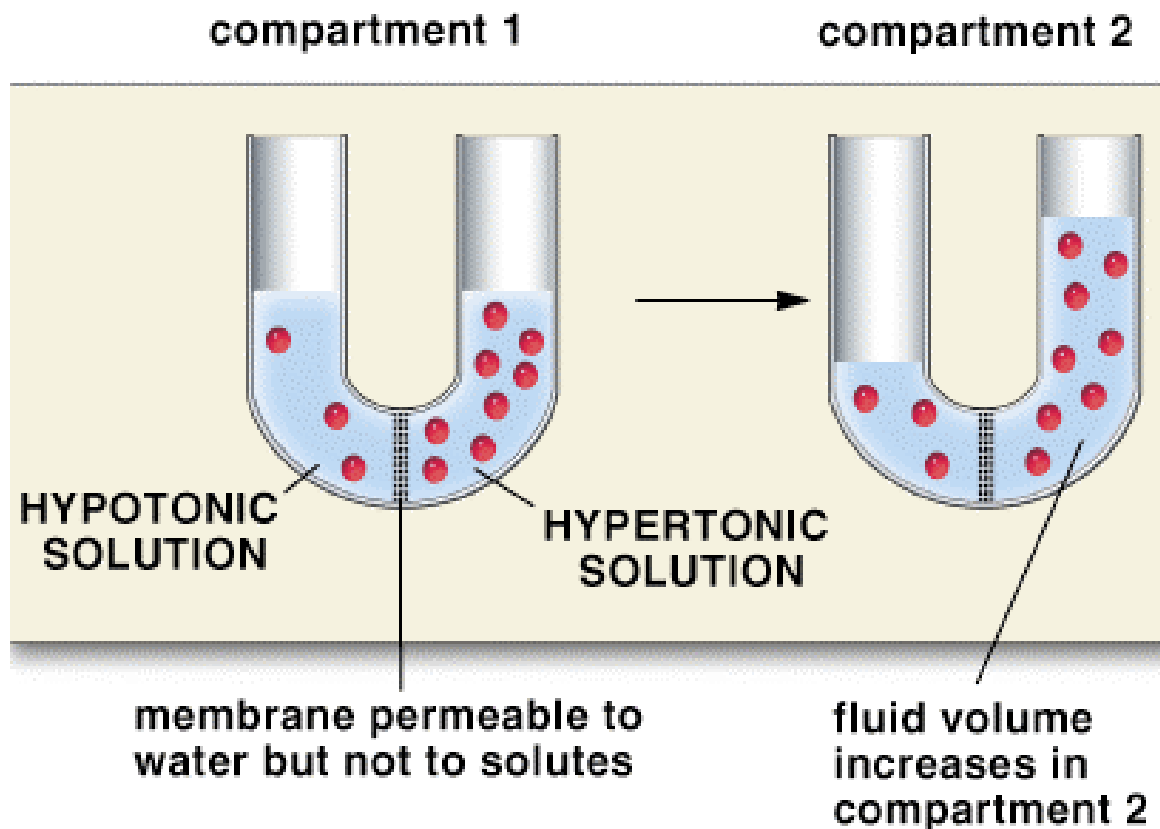
Specifična težina planktonskih organizama

- Specifična težina većine planktonskih organizama je vrlo slična specifičnoj težini vode (varira za $\pm 1\%$) što olakšava njihovo lebdenje. Varijacije u gustoći morske vode rezultat su varijacija temperature i saliniteta
- Mnogi pelagički organizmi i njihove ličinke zadržavaju se u vodenom stupcu na mjestima iste gustoće (na promjene temperature i saliniteta reagiraju na način da mijenjaju svoj vertikalni položaj kako bi se zadržali u okolišu iste gustoće)

Gibanje vode u vodenim okolišima

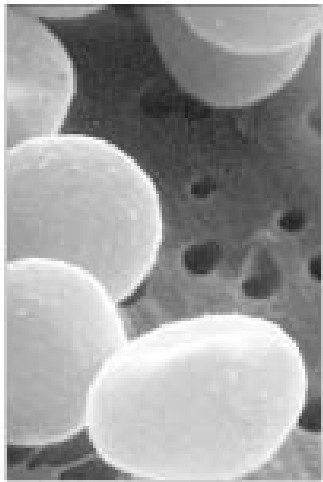
- U vodenim okolišima voda se giba duž koncentracijskog gradijenta od otopina s većom koncentracijom vode ili nižom koncentracijom soli (**hipoosmotska**) prema otopinama s nižom koncentracijom vode ili višom koncentracijom soli (**hiperosmotska**)
- Ovo gibanje vode stvara osmotski tlak
- Što je veća osmotska razlika između organizma i okoliša, to je osmotski tlak veći

Gibanje vode kroz polupropusnu membranu (propušta vodu, ali ne otopljene soli) u smjeru veće koncentracije otopljenih soli (odnosno, u smjeru manje koncentracije vode)



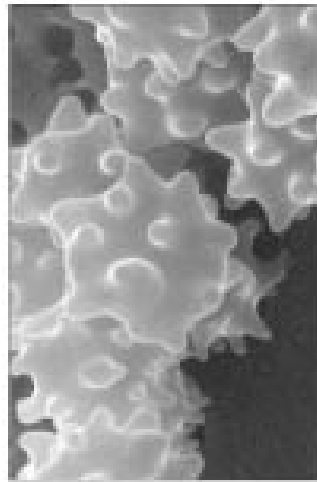
Promjene kod eritrocita koje se događaju kada se stanice stave u hipotonične, hipertonične i izotonične uvjete

**HYPOTONIC
CONDITIONS**



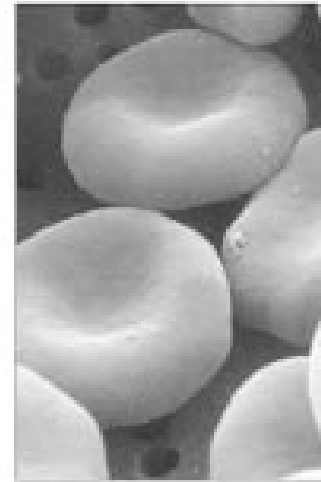
**Water diffuses
into red blood
cells, which
swell up**

**HYPERTONIC
CONDITIONS**



**Water diffuses
out of the cells,
which shrink**

**ISOTONIC
CONDITIONS**



**No net movement
of water, no
change in cell
size or shape**

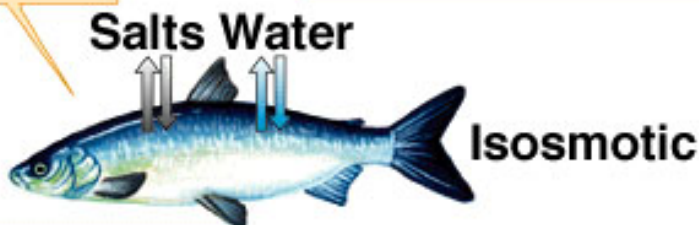
Kako morski organizmi rješavaju osmotske probleme

- Jednostanični organizmi su najčešće izotonični s morskom vodom čime su izbjegnuti osmotski problemi
- Većina višestaničnih organizama je razvila osmoregulacijske mehanizme:
 - Vanjska zaštita od morske vode
 - Zaštita na staničnoj membrani
 - Ekskrecijski mehanizmi

Organizmi u izosmotskim, hiperosmotskim i hipoosmotskim uvjetima

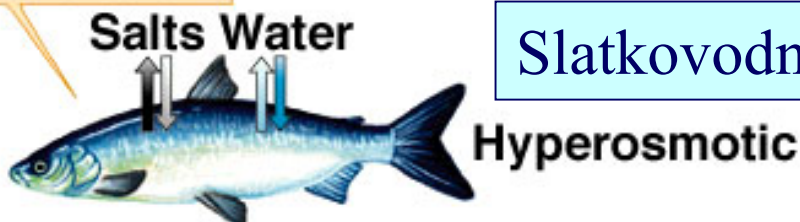
In an isosmotic aquatic organism, internal concentrations of water and salt equal their concentrations in the environment.

Salts and water diffuse at approximately equal rates into and out of an isosmotic organism.



Compared to the environment, a hyperosmotic aquatic organism has a lower internal concentration of water and a higher internal concentration of salts.

Salts diffuse out of a hyperosmotic organism at a higher rate, while water diffuses in at a higher rate.

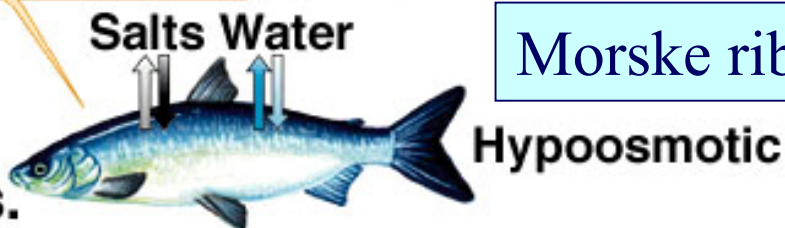


Slatkovodne ribe

Compared to the environment, a hypoosmotic aquatic organism has a higher internal concentration of water and a lower internal concentration of salts.

Salts diffuse into a hypoosmotic organism at a higher rate, while water diffuses out at a higher rate.

Isosmotic,
hyperosmotic,
and hypoosmotic
aquatic organisms.

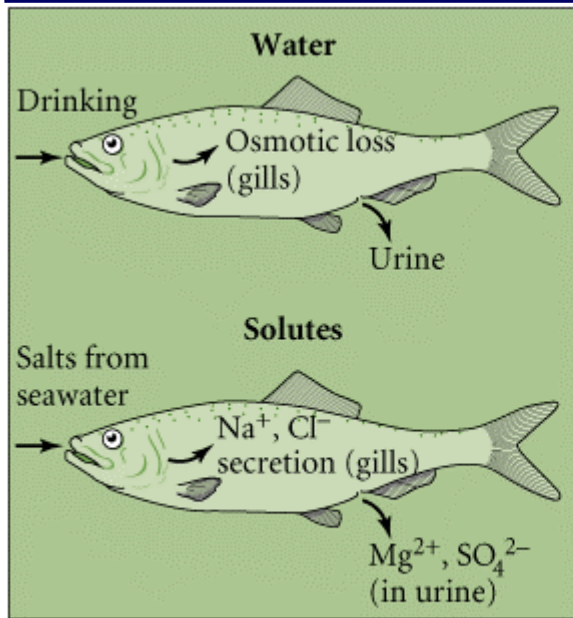


Morske ribe

Ravnoteža soli i vode idu zajedno

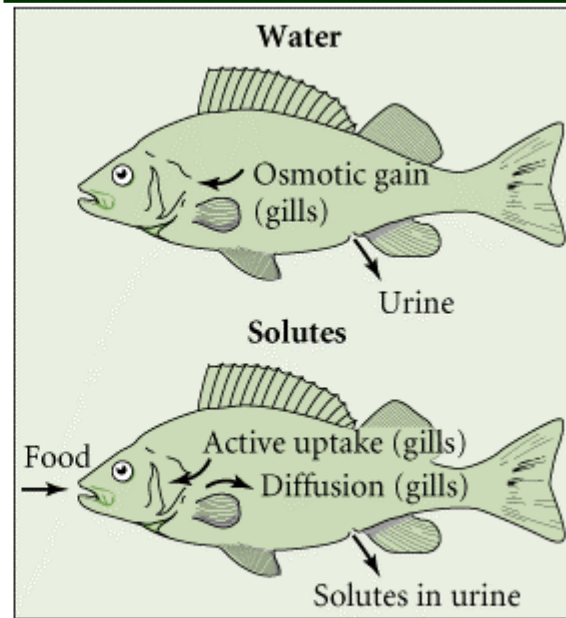
- Održavanje ionske ravnoteže između organizama i okoliša (osmoregulacija) protivno fizikalnim silama difuzije i osmoze traži ulaganje energije i vrlo često specijalizirane organe za izlučivanje ili zadržavanje soli

Držanje iona izvan tijela je kritično za morske ribe



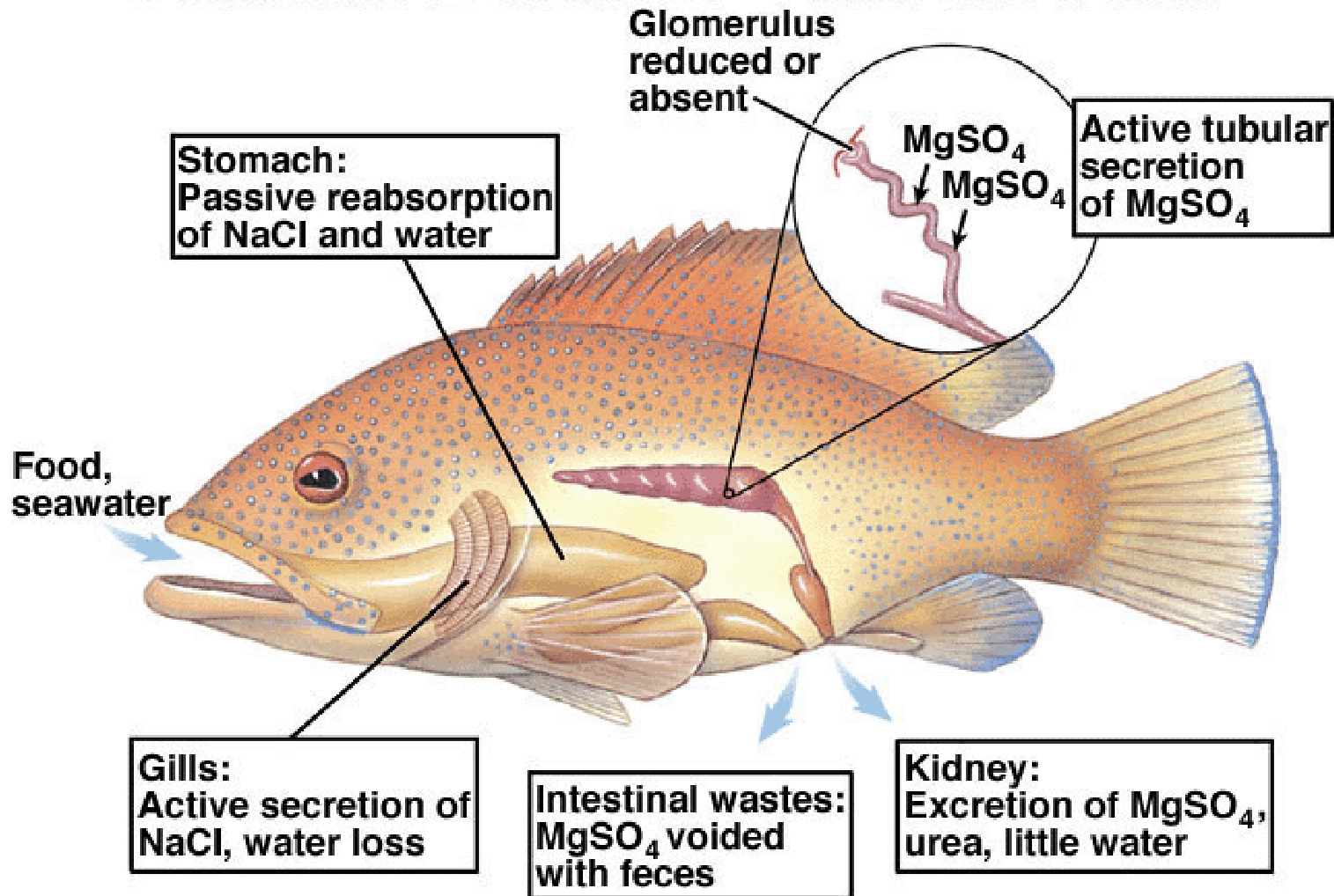
(a) Marine

Zadržavanje soli je kritično za slatkovodne ribe



(b) Freshwater

Osmotic Balance—Marine Fish



Morske ribe (koštunjače) gube vodu kroz škrge. Gubitak vode nadoknađuju na način da stalno piju morsku vodu, ali time istovremeno unose velike količine soli u tijelo. Višak soli izbacuju kroz škrge (NaCl), te pomoću sustava za ekskreciju (MgSO₄)

Osmoregulation by marine fish and saltwater mosquitoes.

Water diffuses from the gills of marine bony fish to the surrounding seawater ($-W_o$).

Specialized cells in the gills secrete Cl^- and Na^+ follows.

Drinking water + salt →

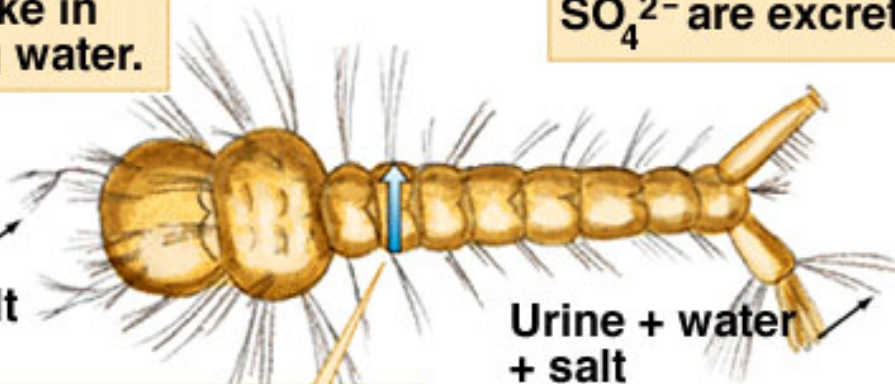


Marine bony fish and saltwater mosquitoes drink (W_d) to compensate for water lost by osmosis ($-W_o$); they also take in salts with drinking water.

Urine, Mg^{2+} SO_4^{2-}

Doubled-charged Mg^{2+} and SO_4^{2-} are excreted with urine.

Drinking water + salt →



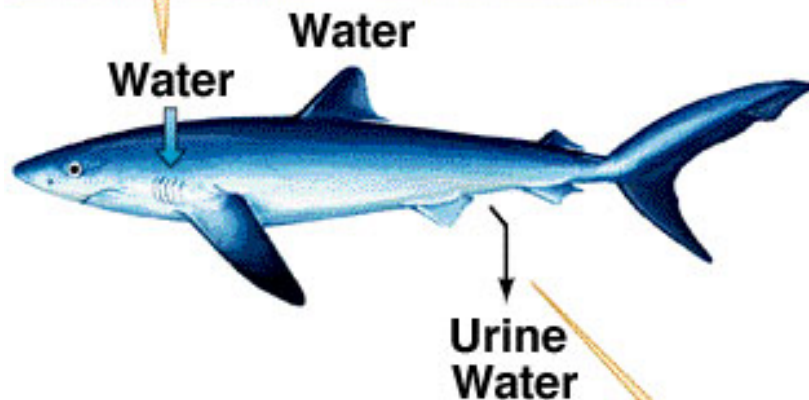
Water diffuses from saltwater mosquitoes to the surrounding environment ($-W_o$).

Salts are excreted in concentrated urine; small amounts of water are lost with urine (W_s).

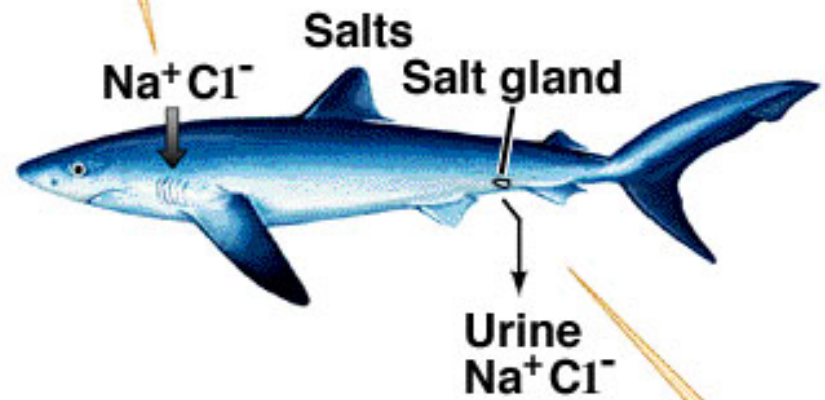
Osmoregulation by sharks.

Because the shark's body fluid is slightly hyperosmotic to the surrounding seawater, water diffuses through its gills ($+W_o$).

Na^+ and Cl^- diffuse into sharks from the surrounding seawater.



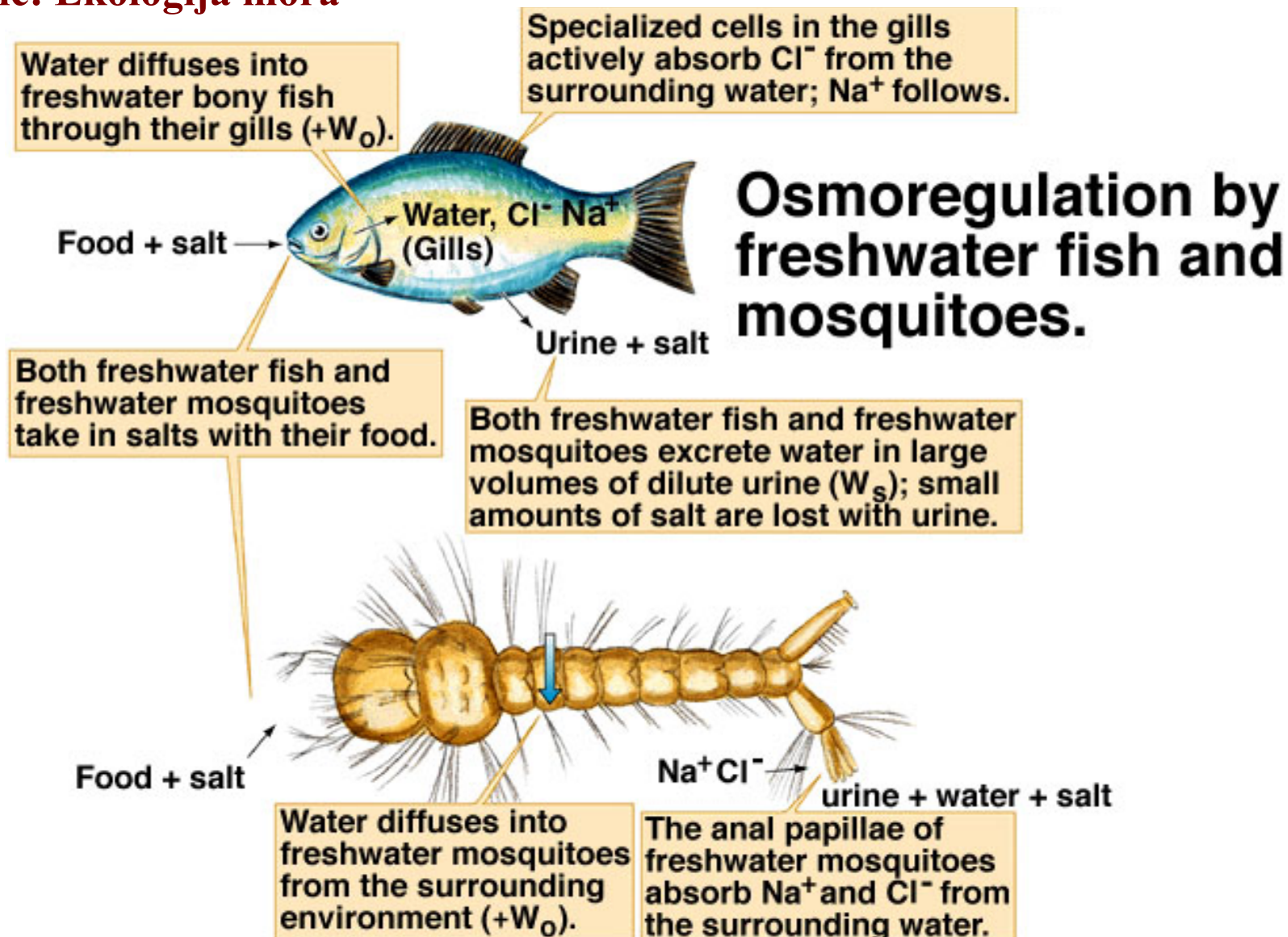
Sharks excrete urine (W_s) to compensate for water gained by osmosis.



Salts are concentrated by the salt gland and excreted with the urine.

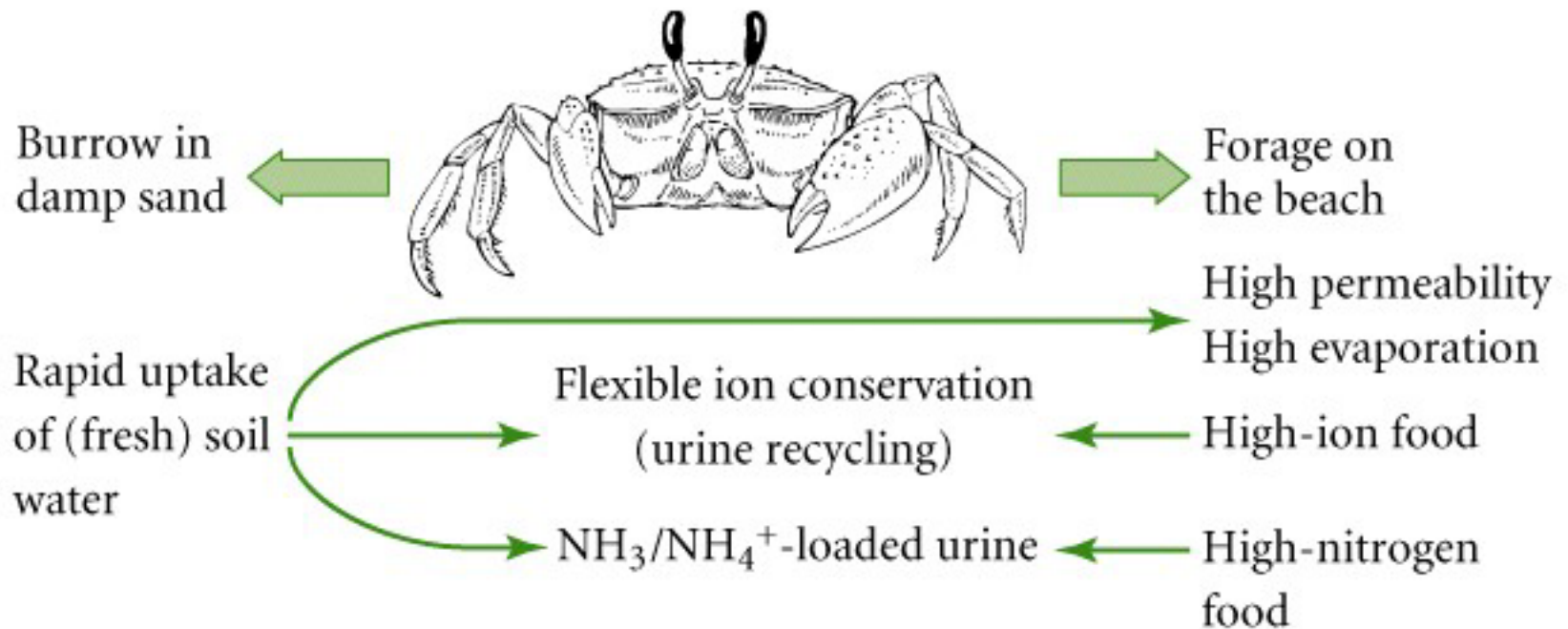
Za razliku od morskih riba koštunjača, hrskavičnjače (morski psi, raže) podižu koncentraciju soli u svojim tijelima nešto iznad koncentracija u moru. Zbog toga morska voda ulazi u njihova tijela kroz škrge. Višak vode izbacuje se kroz urin, a zajedno s njim i višak soli koje koncentriraju posebne žlijezde

M. Šolić: Ekologija mora



Za razliku od morskih koštunjača, slatkovodne ribe neprestano dobivaju vodu kroz škrge. Viška vode oslobađaju se ekskrecijom jako razrijeđenog urina. Da prilikom ekskrecije vode ne bi izgubile i sve soli iz tijela imaju posebne stanice u u škrgama koje apsorbiraju ion klora.

Održavanje ravnoteže soli i vode kod raka *Ocypode quadrata*



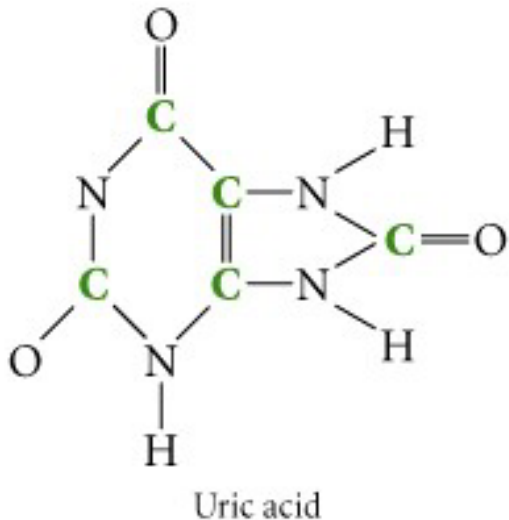
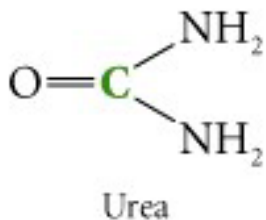
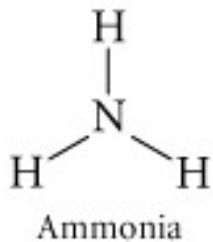
Hraneći se na obali gubi dosta vode a koncentrira soli.
Povlačenjem u rupe u pijesku nadoknađuje vodu i izlučuje
višak soli

Osmoregulacija kod različitih skupina kralježnjaka

Osmoregulation by Vertebrates

Vertebrate	Urine concentration relative to blood	
Amphibian	Strongly hypotonic	 Skin absorbs Na^+ from water
Marine reptile	Isotonic	 Drinks seawater Salt gland secretes excess salts
Marine bird	Weakly hypertonic	 Drinks seawater Salt gland secretes excess salts
Marine mammal	Strongly hypertonic	 Does not drink seawater
Terrestrial bird	Weakly hypertonic	 Drinks fresh water
Desert mammal	Strongly hypertonic	 Drinks no water Obtains water from food and metabolic processes

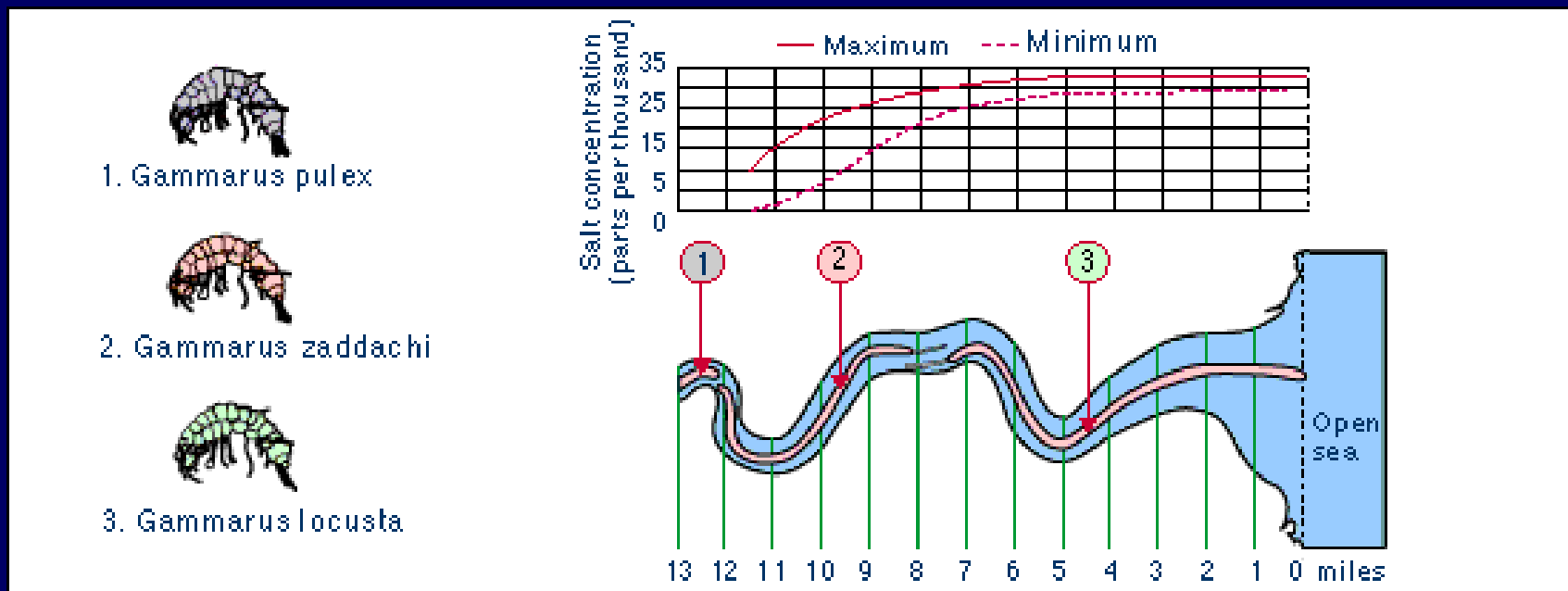
Metaboliti dušika



Ekskrecija dušičnog otpada kod morskih životinja

Za razliku od kopnenih životinja koje dušik izbacuju iz tijela u obliku složenih proteinskih metabolita kao što su urea i urinska kiselina, morske životinje dušik izbacuju u obliku jednostavnog metaboličkog produkta amonijaka, koji je blago toksičan ali ga oni obilato razrjeđuju vodom

Većina je organizama prilagođena životu unutar određenog raspona saliniteta, koji može biti veći (eurihalini organizmi) ili manji (stenohalini organizmi)



Distribucija tri vrste račića iz roda *Gammarus* duž riječnog estuarija u ovisnosti o koncentraciji soli u vodi

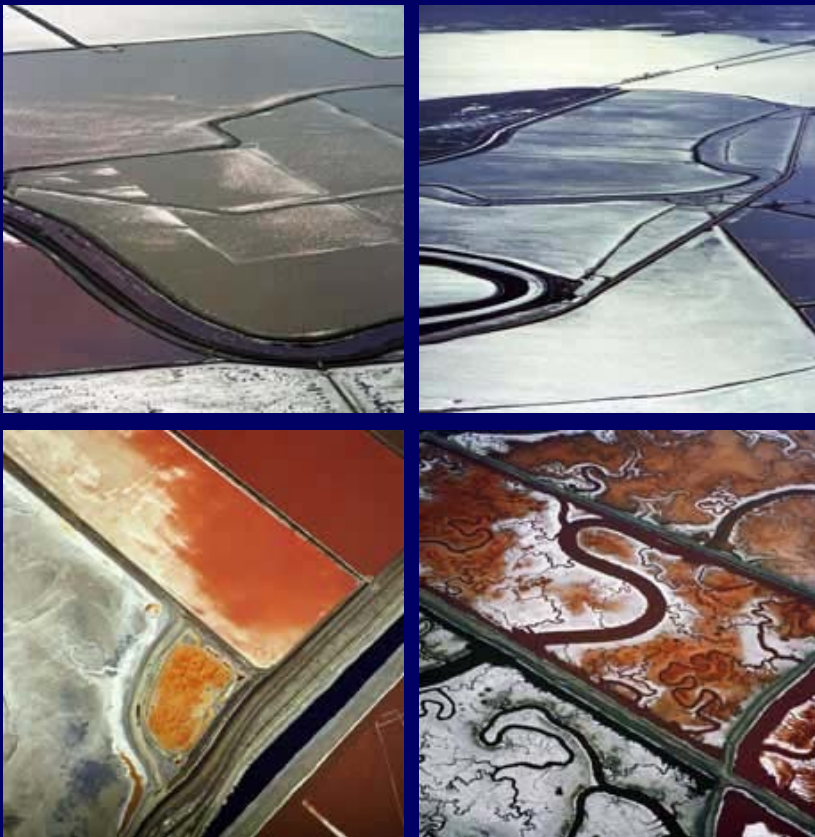
Život u ekstremno slanim staništima

Neka su staništa ekstremno slana (solane, supralitoralne lokvice, Mrtvo more – salinitet iznosi oko 230‰). Ipak neki su se organizmi prilagodili životu i u takvim staništima.



Račić slaništar (*Artemia salina*) koji živi u solanama može preživjeti salinitet od 300‰). To postiže uz pomoć izuzetno efikasnog sustava za ekskreciju kojim velikom brzinom izlučuje soli koje mu se nagomilavaju u tijelu

Solane

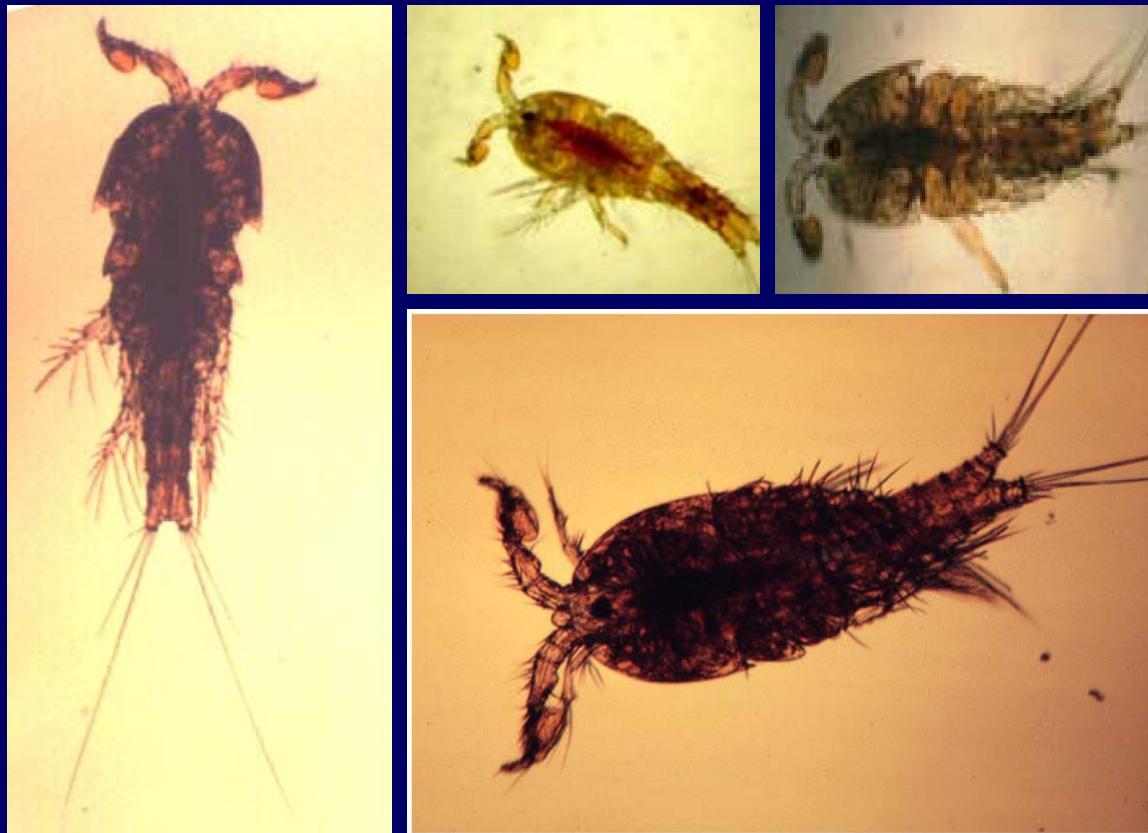


Artemia salina



Kopepod (*Tigriopus californicus*) živi u supralitoralnim lokvicama u kojima salinitet dostiže ekstremno visoke vrijednosti. Kopepod preživljava na način da povećava osmotski potencijal vlastitih tjelesnih tekućina sintezom velikih količina aminokiselina

Tigriopus californicus



Tigriopus japonicus

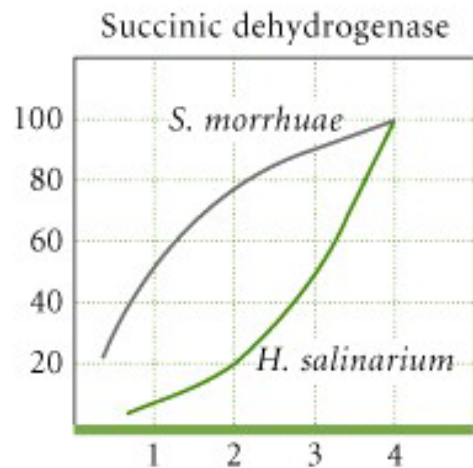
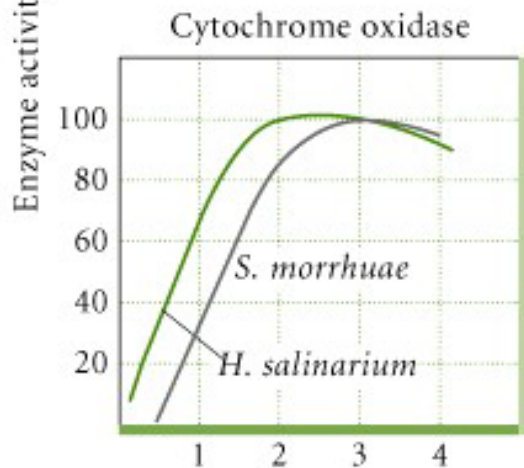
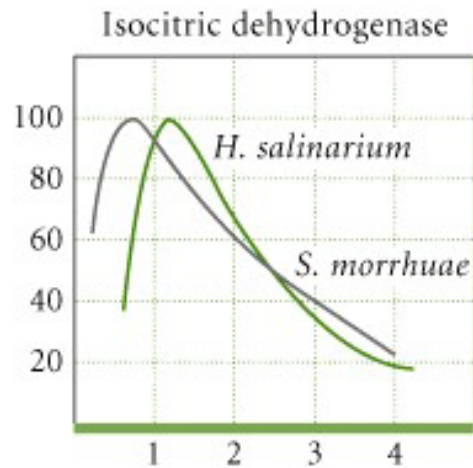
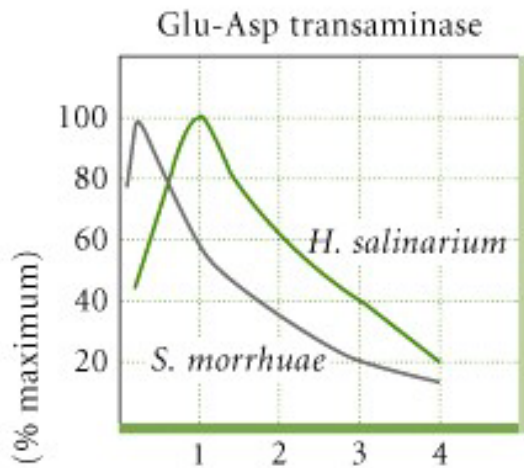


Supralitoralna lokvica



Rak *Necora puber*
česti je stanovnik
supralitoralnih lokvica

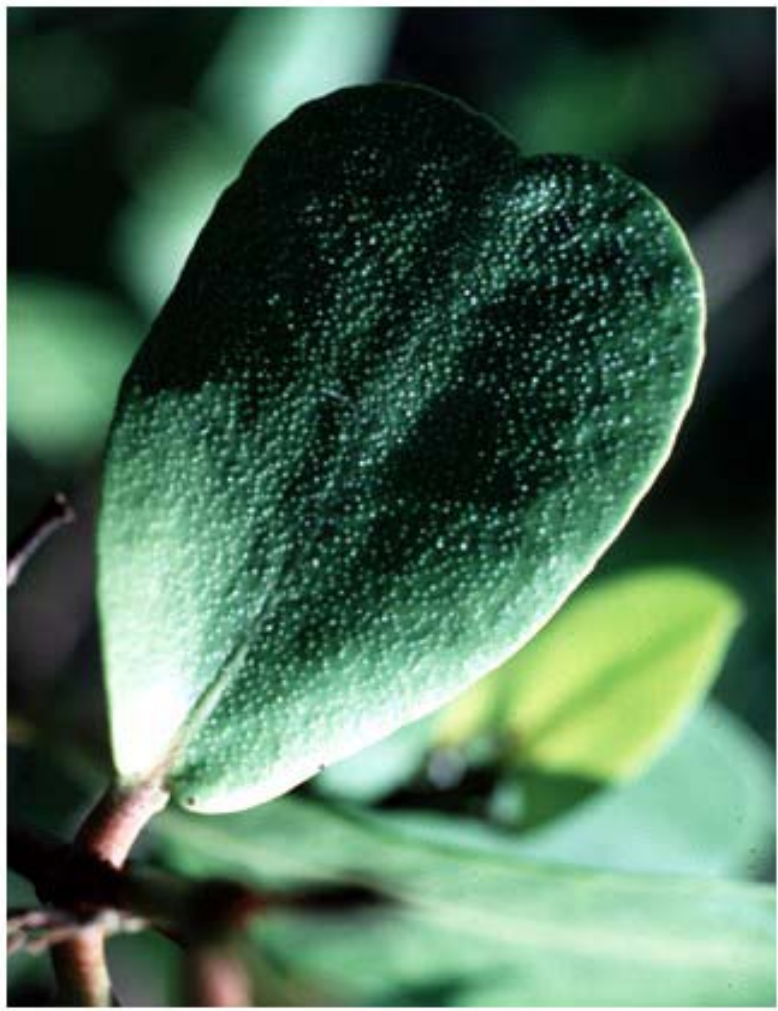




NaCl concentration (molar)

Aktivnost enzima kod halofilne bakterije *Halobacterium salinarium* u usporedbi s bakterijom *S. morrhuae* koja ne tolerira visoki salinitet

Mangrove



↑
Korjenje mangrovinog drveća
uronjeno je u more

←
Neke vrste imaju specijalizirane žlijezde
u listovima pomoću kojih izlučuju sol
koja se taloži na površini listova

Kako morski organizmi podnose sniženi salinitet

- Plošnjak (*Gunda ulvae*) podnosi sniženi salinitet u potocima i rijekama u koje ulazi samo ako oni sadrže najmanje 5 mg kalcija po litri
- Rak *Carcinus maenas* pokazuje porast brzine metabolizma za 40% ukoliko se salinitet snizi s 30 na 5‰
- Rak *Carcinus maenas* pokazuje veću toleranciju na sniženi salinitet kod viših temperatura (većina estuarskih organizama u pravilu pokazuje smanjenje tolerancije na sniženi salinitet ukoliko je temperatura niža)



Kod nekih se alga (npr. rodovi *Fucus* i *Ulva*) se stopa fotosinteze udvostručava smanjenjem saliniteta za 1/3

Fucus sp.



Ulva sp.



Salinitet kao ograničavajući faktor u distribuciji organizama

- Ličinke i mlađe jedinice imaju manji raspon tolerancije na salinitet (npr. donja granica za preživljavanje jaja puža *Litorina littorea* je 20‰, što je daleko iznad donje granice za odrasle puževe)
- Kao i kod temperature vrlo je važno trajanje izloženosti određenim uvjetima saliniteta
- Česta je pojava subletalnih efekata (npr. puž *Neritina virginea* podnosi porast saliniteta ali u takvim uvjetima ispoljava patuljasti rast

Litorina littorea



Neritina virginea

Značaj otopljenih anorganskih i organskih spojeva za morske organizme

- Hranjive soli su važne za primarnu proizvodnju u moru. Najveću važnost imaju soli dušika i fosfora koje predstavljaju ograničavajuće faktore za primarnu proizvodnju u moru
- Za pojedine organizme su važni i drugi elementi (npr. silicij, molibden i galij za dijatomeje; željezo i mangan za rast fitoplanktona; stroncij za radiolarije; bakar – važan kod ličinki kamenice u trenutku prihvaćanja za podlogu)

Hranjive soli su neophodne za život organizama

Element	Funkcija
N	Strukturna komponenta proteina i nukleinskih kiselina
P	Strukturna komponenta nukleinskih kiselina, fosfolipida i kostiju
S	Strukturna komponenta mnogih proteina
K	Glavni sastojak otopine u životinjskim stanicama
Ca	Strukturna komponenta kostiju i materijala između stanica drva kod biljaka; regulator stanične permeabilnosti
Mg	Strukturna komponenta klorofila; uključen u funkciju mnogih proteina
Fe	Strukturna komponenta hemoglobina i mnogih enzima
Na	Glavni sastojak u otopini koja čini ekstracelularnu tekućinu kod životinja

VRLO SU VAŽNI I ELEMENTI U TRAGOVIMA

Morski organizmi mogu akumulirati određene elemente u vrlo visokim koncentracijama

- Morski organizmi mogu akumulirati određene elemente u koncentracijama koje su mnogo puta više u odnosu na njihove koncentracije u morskoj vodi
- Među takve elemente spadaju kalij, jod, nikal, molibden, cink, vanadij, titan, krom, stroncij, bakar, berilij, galij.



Alga Valonia macrophysa
koncentrira jod 10.000
puta, brom 200 puta, a
kalij 40-50 puta



Kod nekih ascidija vanadij
čini i do 0.05% suhe težine,
dok ga u moru ima svega
0.0003 mg kg⁻¹



U pepelu nekih spužava (suha težina) mogu se naći povišene koncentracije berilija koji se u moru nalazi u koncentracijama koje su ispod razine detekcije



Rakova imaju hemocijan kao respiratorni pigment, a on je građen na bazi bakra. Bakar kod njih čini od 0.15-0.25% pigmenta, dok ga u moru ima samo 0.001-0.01 mg kg⁻¹

Značaj otopljenih organskih spojeva za morske organizme

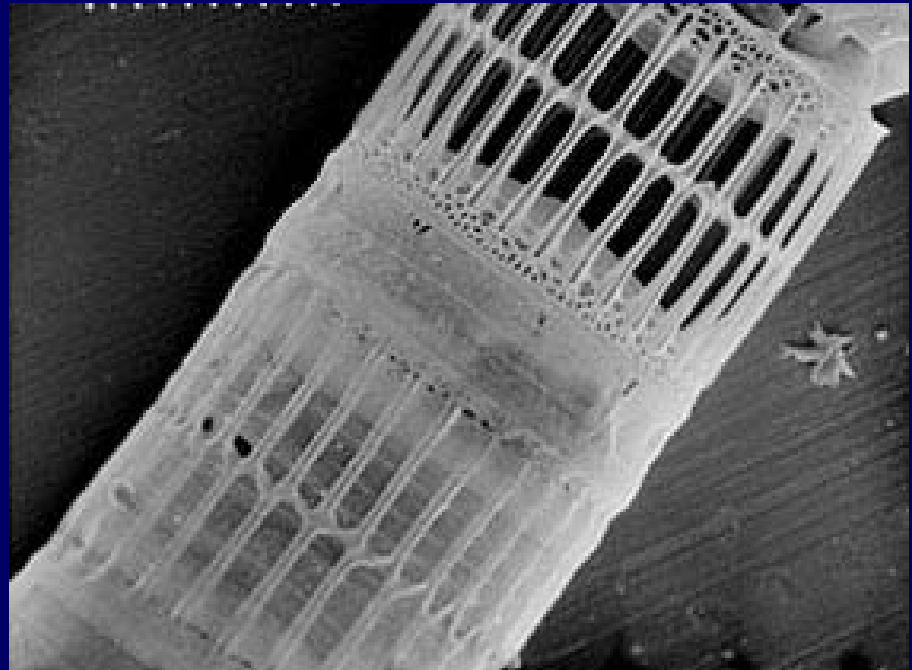
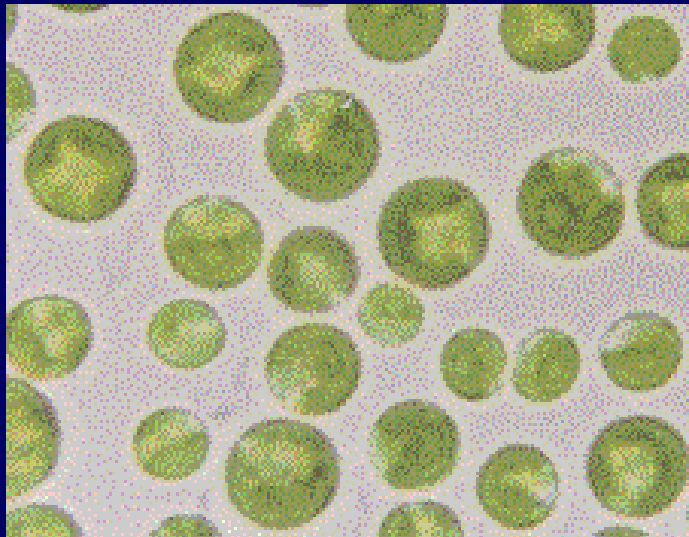
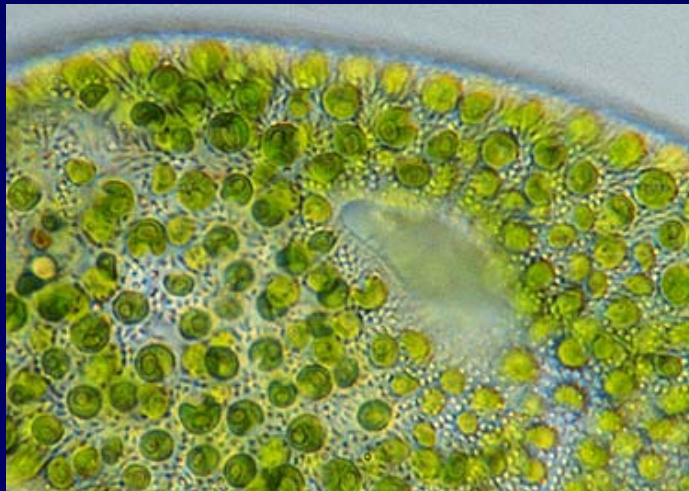
- Otopljenu organsku tvar kao hranu mogu koristiti jedino bakterije
- Hormoni i vitamini mogu biti značajni za procese mrijesta, metamorfoze i rasta organizama (dodatkom vitamina B₁₂ povećava se brzina rasta mnogih jednostaničnih organizama)
- Biljni hormoni (auksini i heteroauksini) važni su za rast fitoplanktona
- Karotenoidi, steroli i vitamini imaju značajnu ulogu za rast dijatomeja

Značaj otopljenih organskih spojeva za morske organizme

- Sami organizmi izlučuju u okoliš različite organske tvari koje mogu imati pozitivan i negativan utjecaj na druge organizme u okolišu:
 - Efekt kondicioniranja – izlučivanje različitih organskih ekstreta može stvoriti povoljne uvjete za pripadnike iste vrste (npr. zlatne ribice rastu bolje u vodi u kojoj su već prije boravile jedinke iste vrste)
 - Proizvodnja toksičnih, inhibicijskih i antibiotičkih tvari koje štetno djeluju na okolne organizme (neke dijatomeje i jednostanične zelene alge)
 - “Red-tide” cvatnje – ekstremni slučaj lučenja toksičnih tvari koji mogu izazvati pomore riba i drugih organizama

Dijatomeja *Skeletonema*

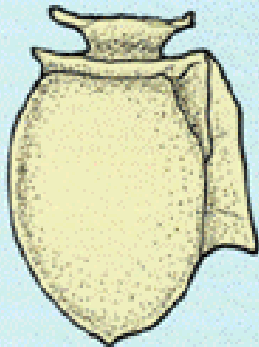
Zelena alga *Chlorella*



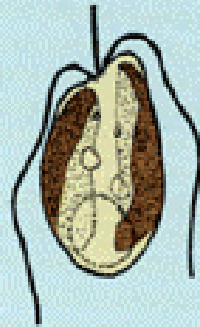
Toksične alge

Harmful algae can be divided into 4 categories

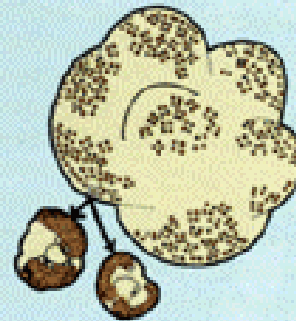
e.g. *Dinophysis*
Species which produce toxins that are poisonous to humans.



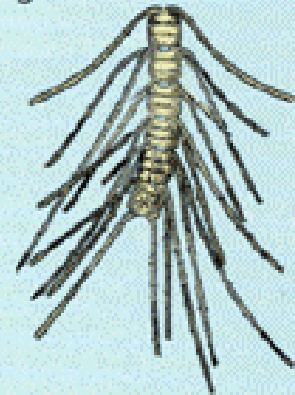
e.g. *Chrysochromulina*
Species which produce toxins that are harmful to fish and inferior animals. Apparently not toxic to humans.



e.g. *Phaeocystis*
Species which are not toxic but produce other unusual substances that disturb fish and inferior animals.



e.g. *Chaetoceros*
Species which are not toxic but disturb in other ways when present in high concentrations



“Red-tide” cvatnje



Dinoflagelat *Dinophysis fortii* je najtoksičnija vrsta iz roda *Dinophysis*



Dinoflagelat *Lingulodinium polyedrum*



Dinoflagelat *Prorocentrum lima*



Dinoflagelat *Aleksandrium minutum*

Neki predstavnici roda *Dinophysis*



D. sacculus



D. caudata



D. fortii



D. tripos



D. acuminata



D. acuta

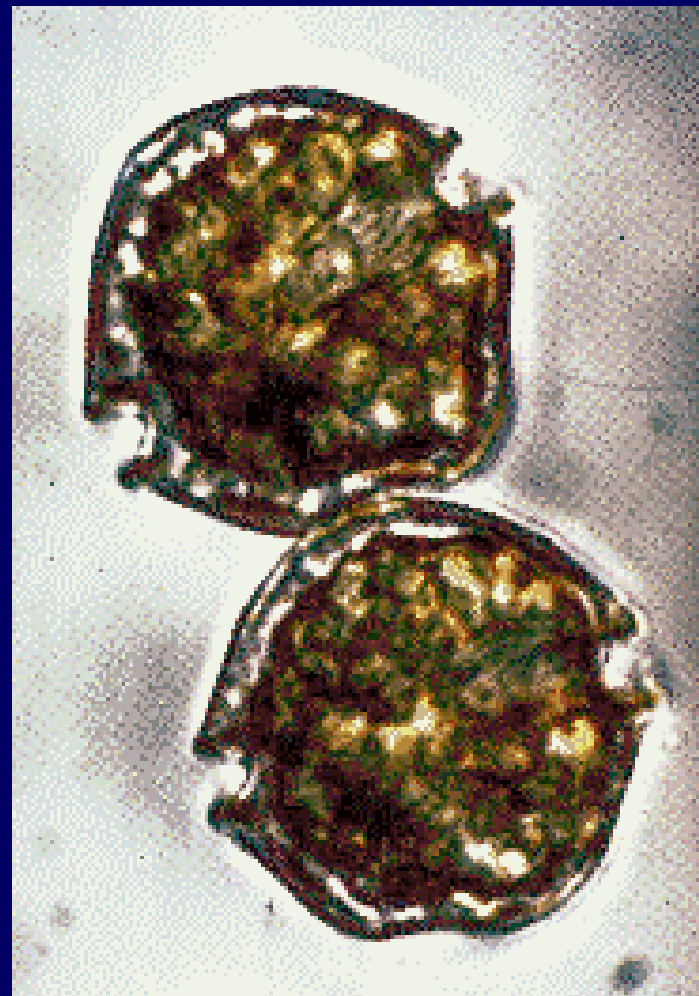


Cvatnja dinoflagelata
Noctiluca scintillans



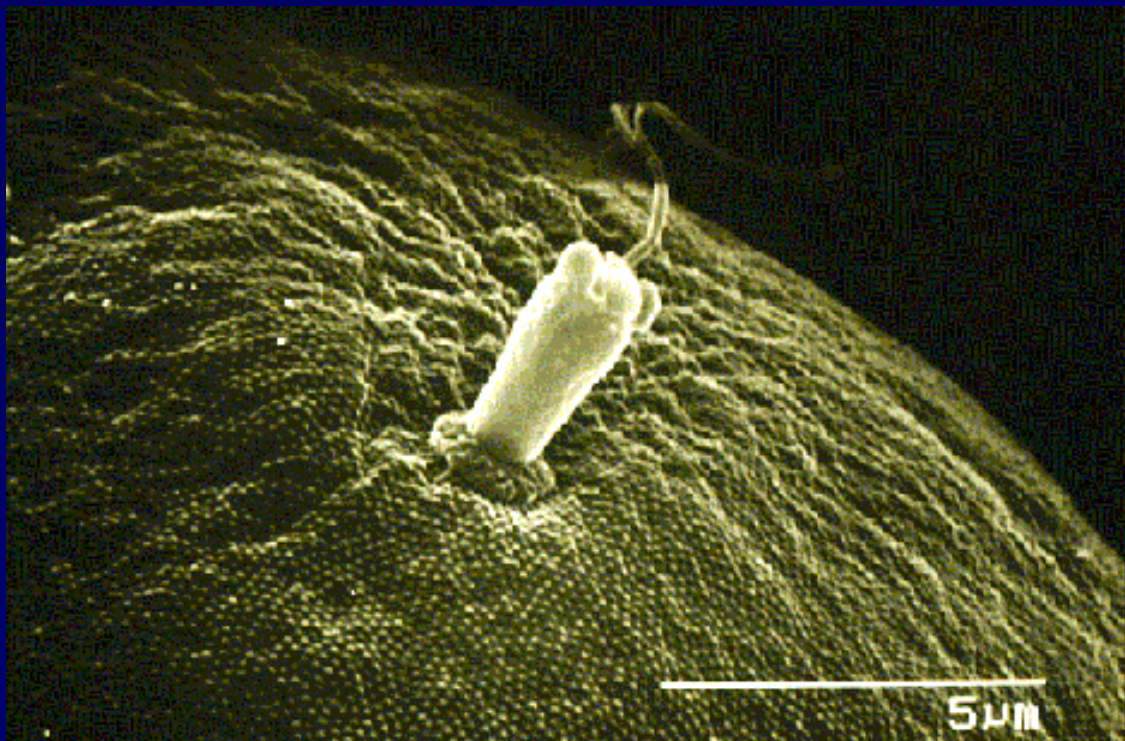
Dinoflagelat
Noctiluca scintillans

Aleksandrium tamarense



Utjecaj organskih tvari na ponašanje organizama

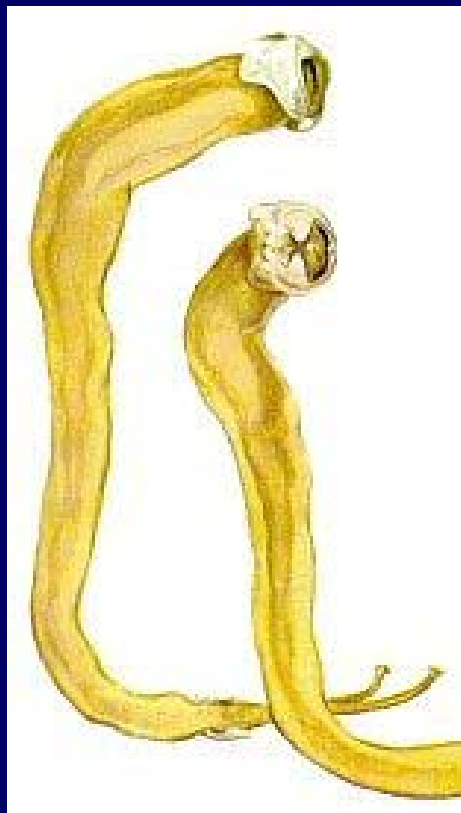
Kemotaktična reakcija privlačenja spermija k jaju (bez toga se veliki broj organizama u moru ne bi mogao razmnožavati)



Trenutak oplodnje
kod prugaste dagnje

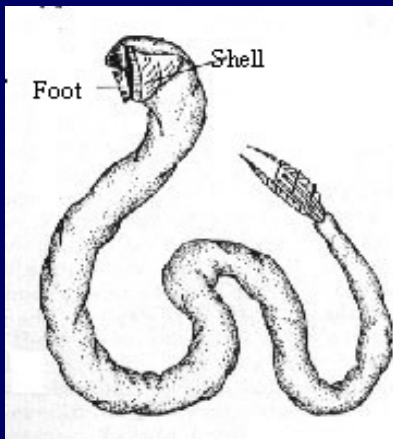
Utjecaj organskih tvari na ponašanje organizama

Kemotaksija je prisutna i kod pronalaženja hrane



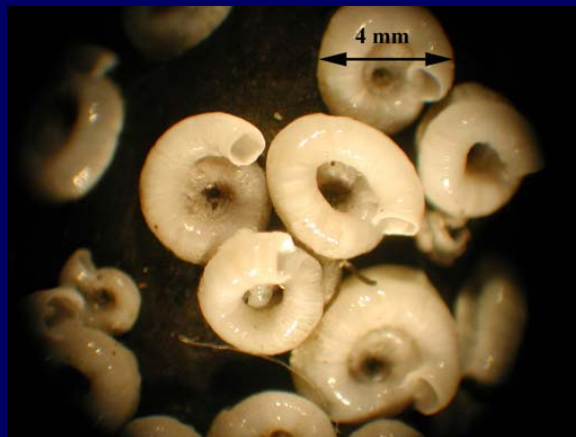
Drvotočac *Teredo* se hrani drvom. Može osjetiti vrlo male koncentracije lignina u moru i to na vrlo velike udaljenosti

Teredo nivalis - drvotočac



Utjecaj organskih tvari na ponašanje organizama

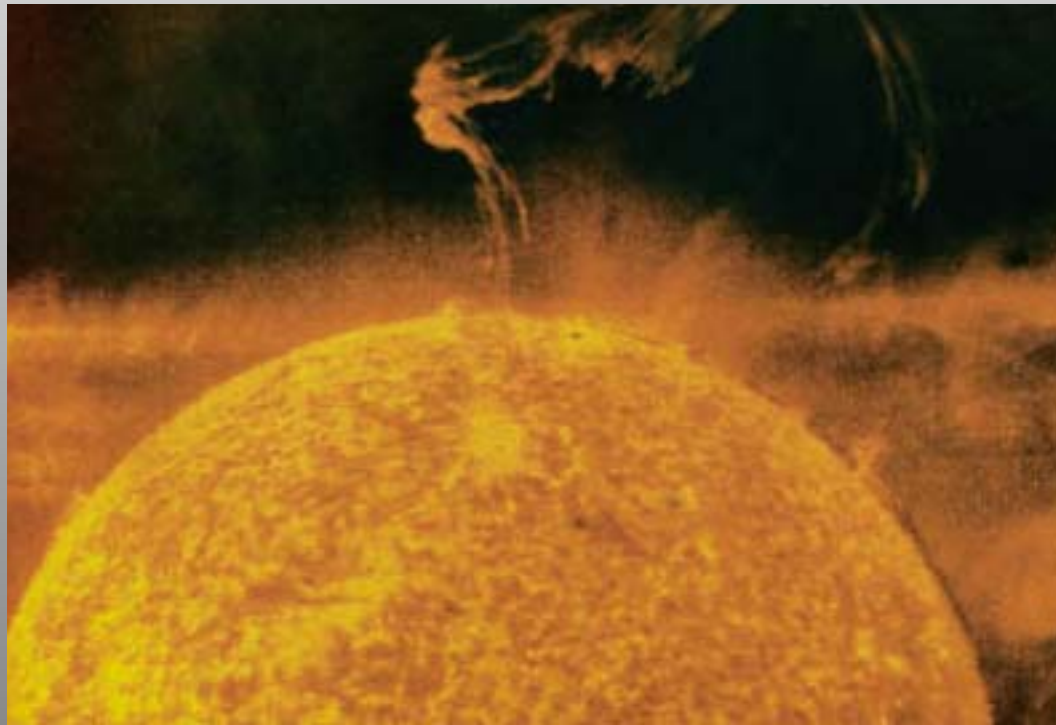
Izbor dna za metamorfozu ličinki često ovisi o organskoj tvari ili prisustvu metabolita odraslih pripadnika iste vrste koji privlače ličinke da se spuste među njih i metamorfoziraju se (npr. rak vitičar *Elminius modestus* i plihet iz roda *Spirorbis*)



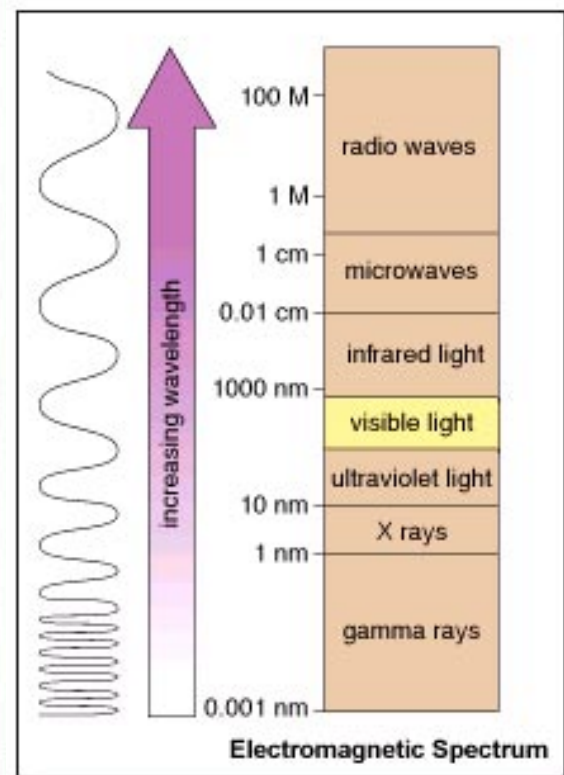
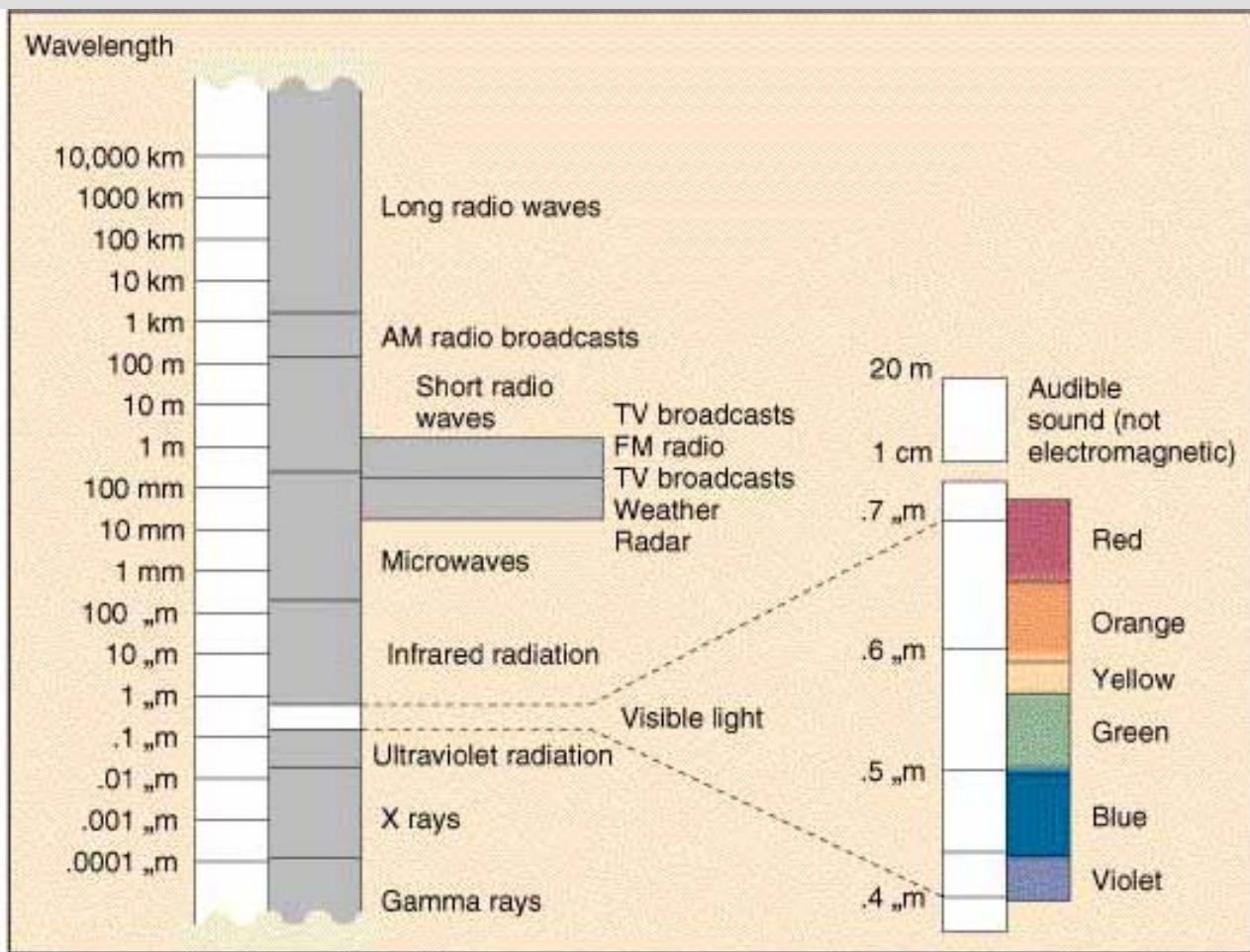
Spirorbis sp.

Elminius modestus

SVJETLOST



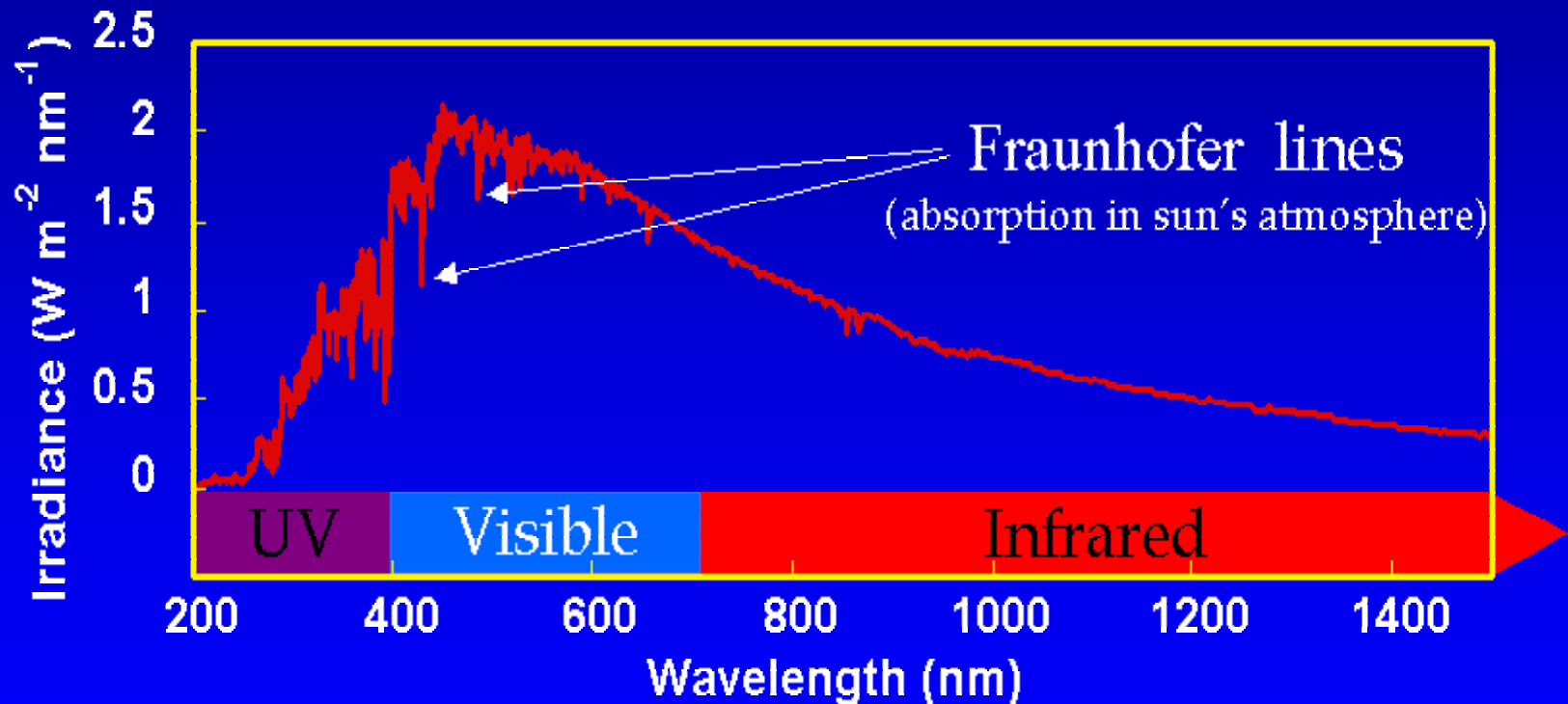
Raspon elektromagnetskog zračenja Sunca



Solarna konstanta

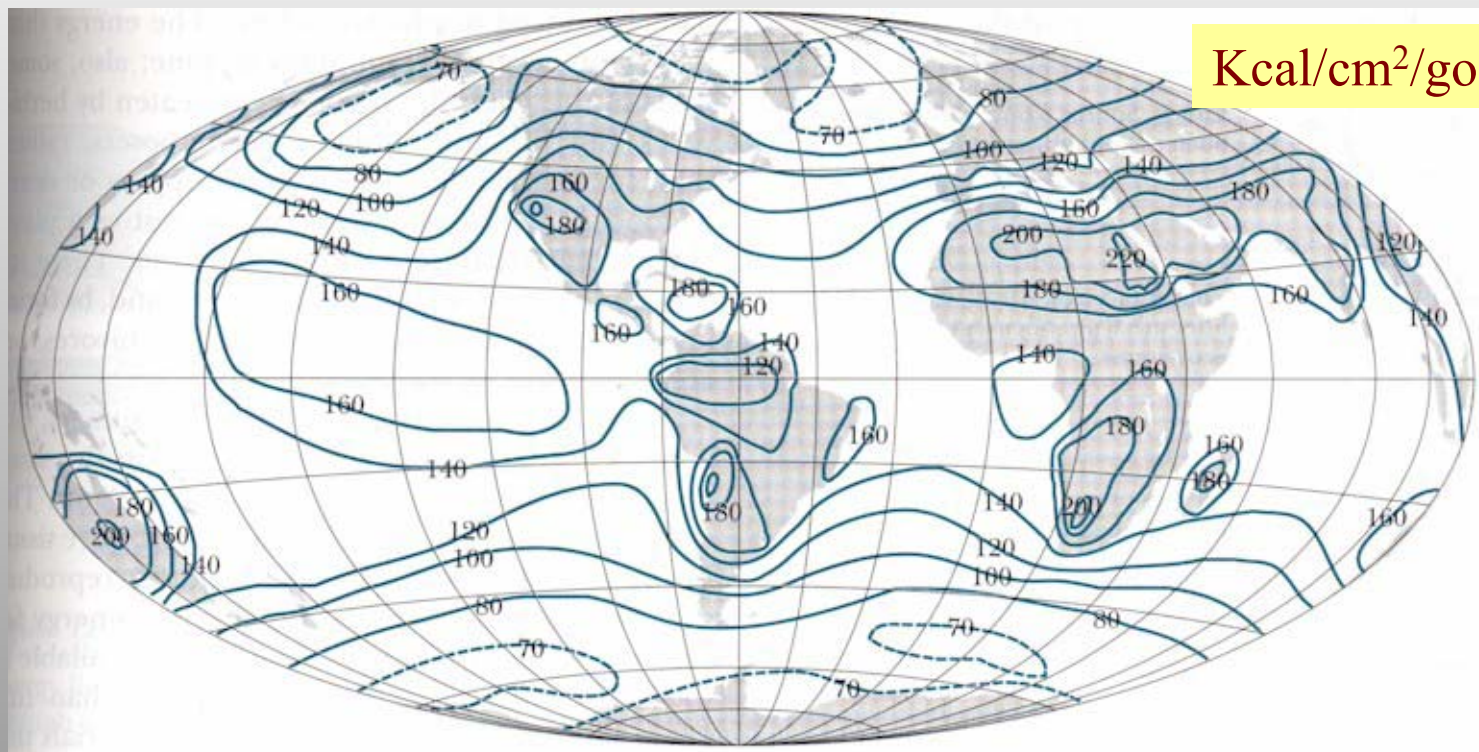
- **The Solar Constant is 1366.1 W m^{-2} .**

It is defined as the amount of solar radiation on a surface perpendicular to the solar beam, at the outer limit of earth's atmosphere, at the mean sun-earth distance.



- This is at the top of the atmosphere it still has to go through the atmosphere before it reaches the surface.

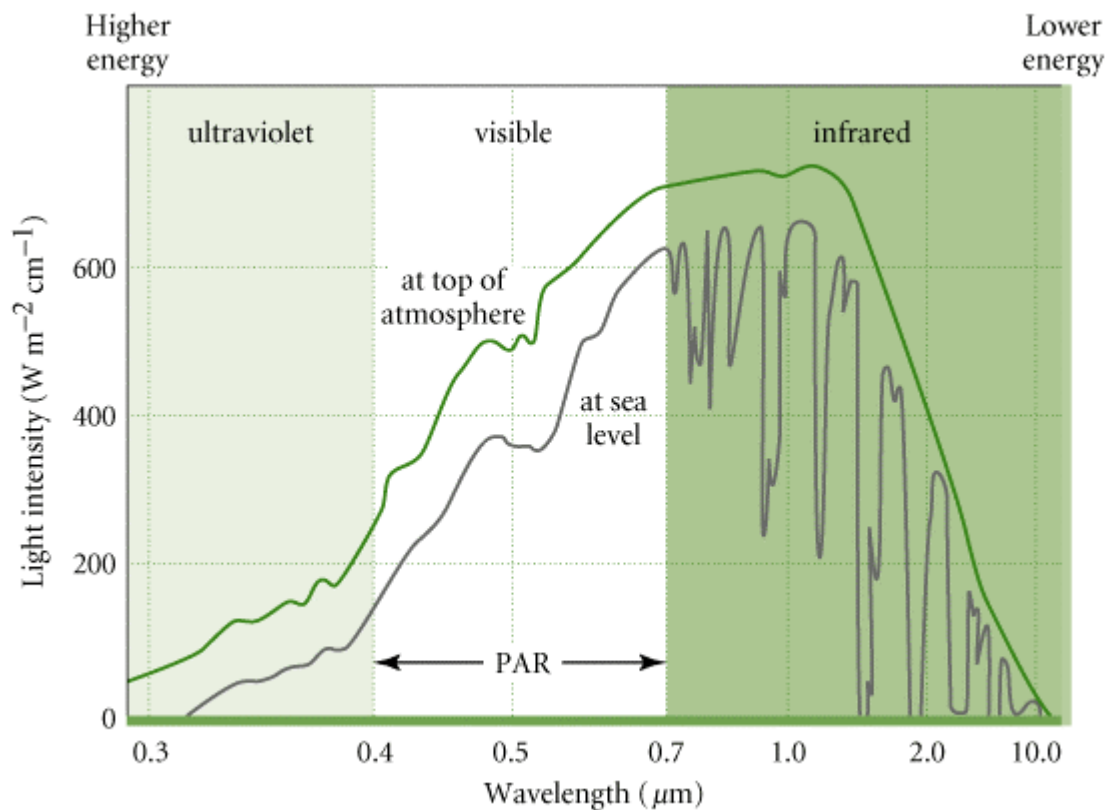
Raspodjela solarne energije na Zemlji



Sunčeva radijacija je primarni izvor energije za ekosisteme

Intezitet radijacije i njegove sezonske varijacije ovise o geografskoj širini (na nižim geografskim širinama su manje sezonske, a veće dnevne varijacije)

Sunčevo svjetlo se sastoji od spektra valnih dužina

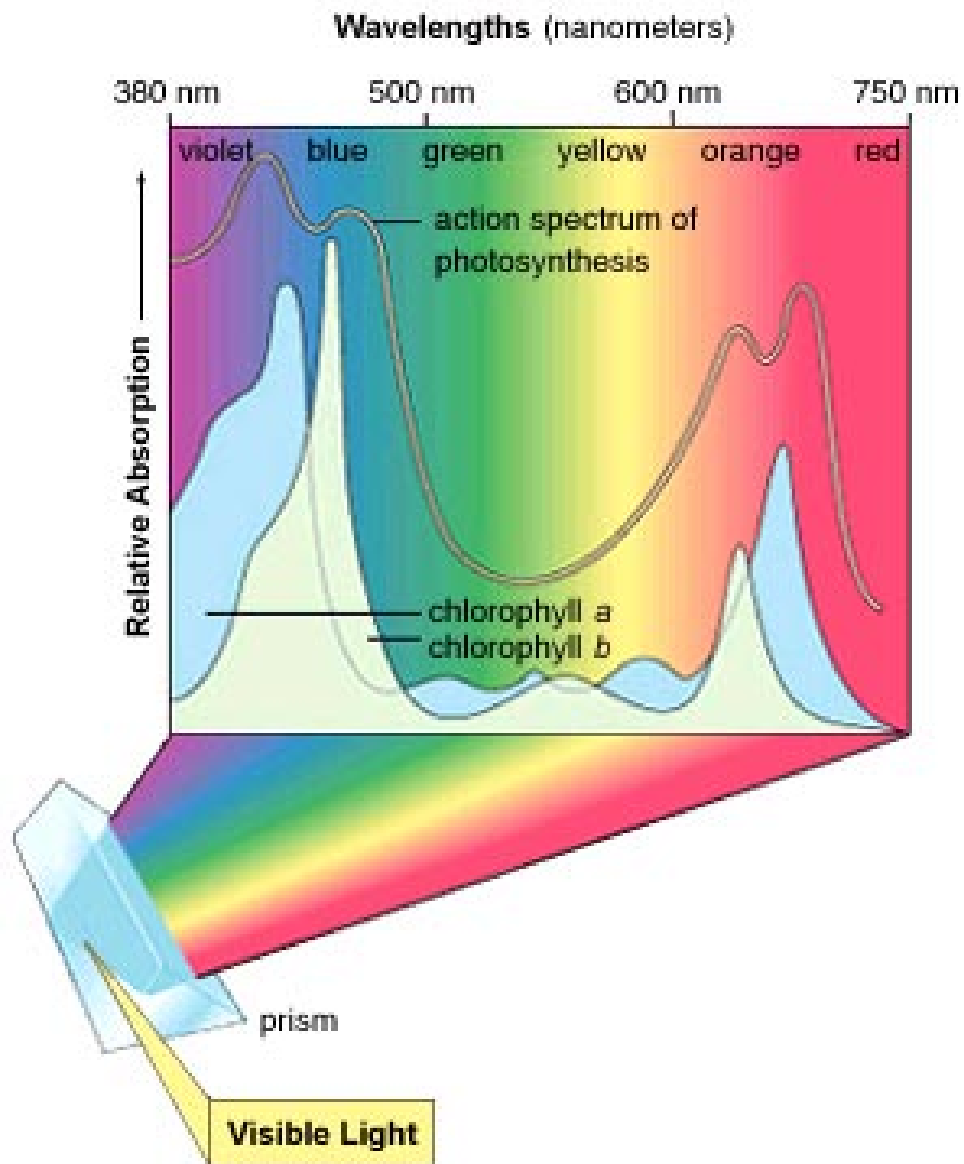


Većina se UV zračenja apsorbira u atmosferi (ozon)

Infracrveno zračenje ima premalo energije

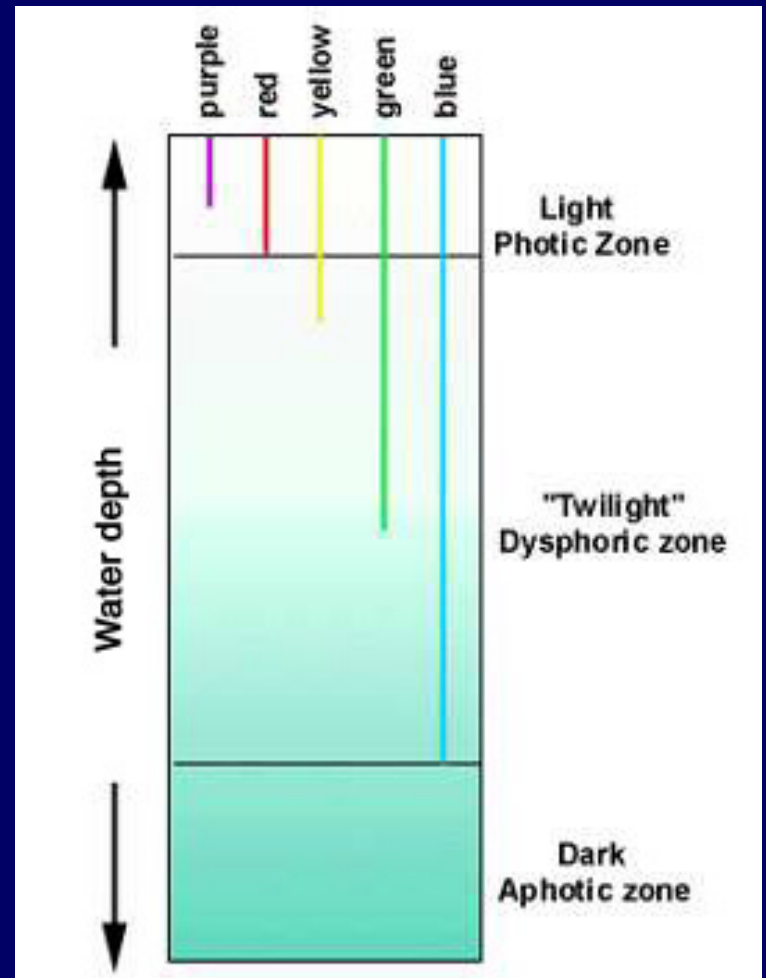
Za fotosintezu je najvažniji vidljivi dio spektra (400-700 nm)

Za fotosintezu je najvažniji vidljivi dio spektra

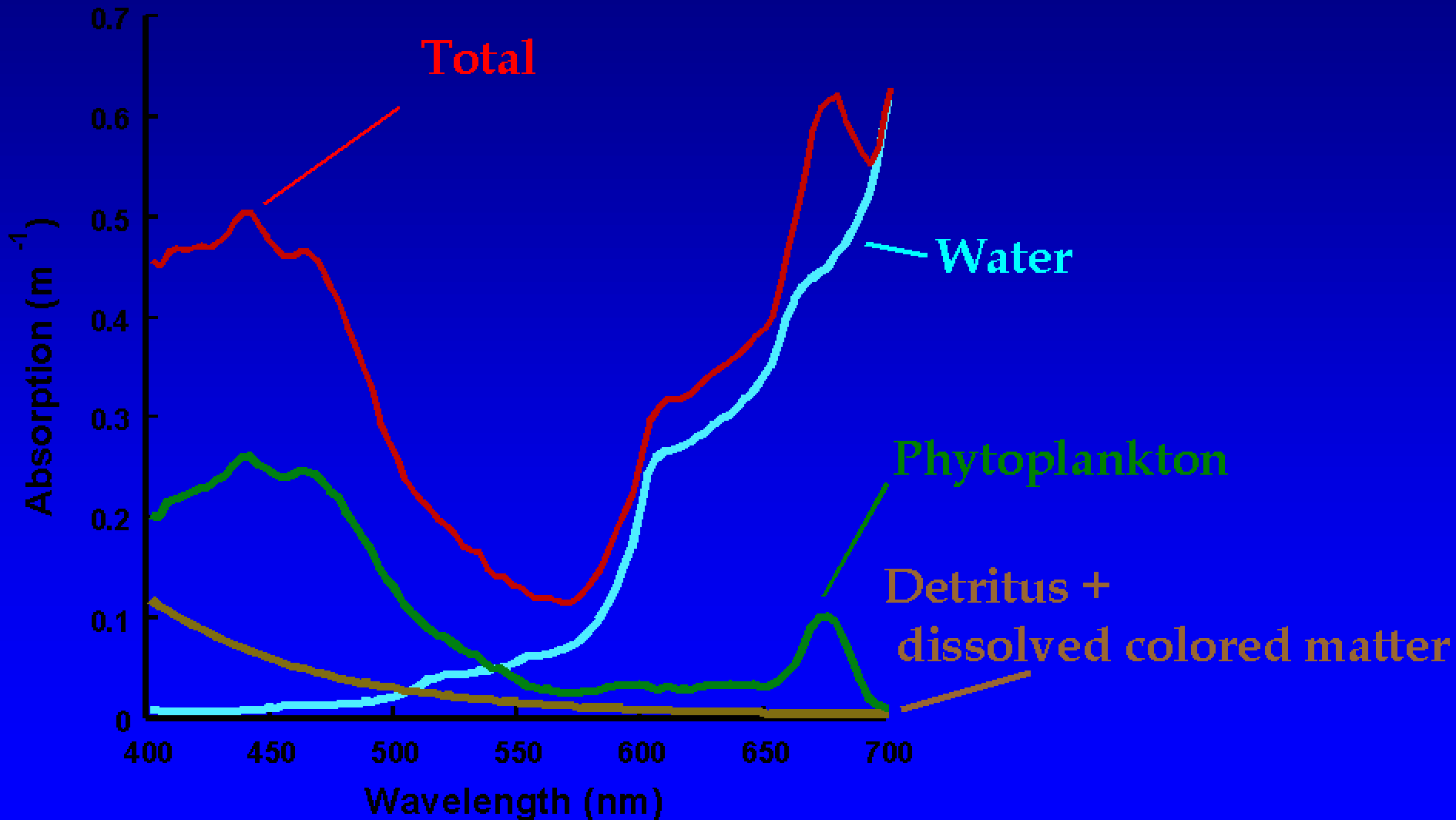


Prodor svjetla u more

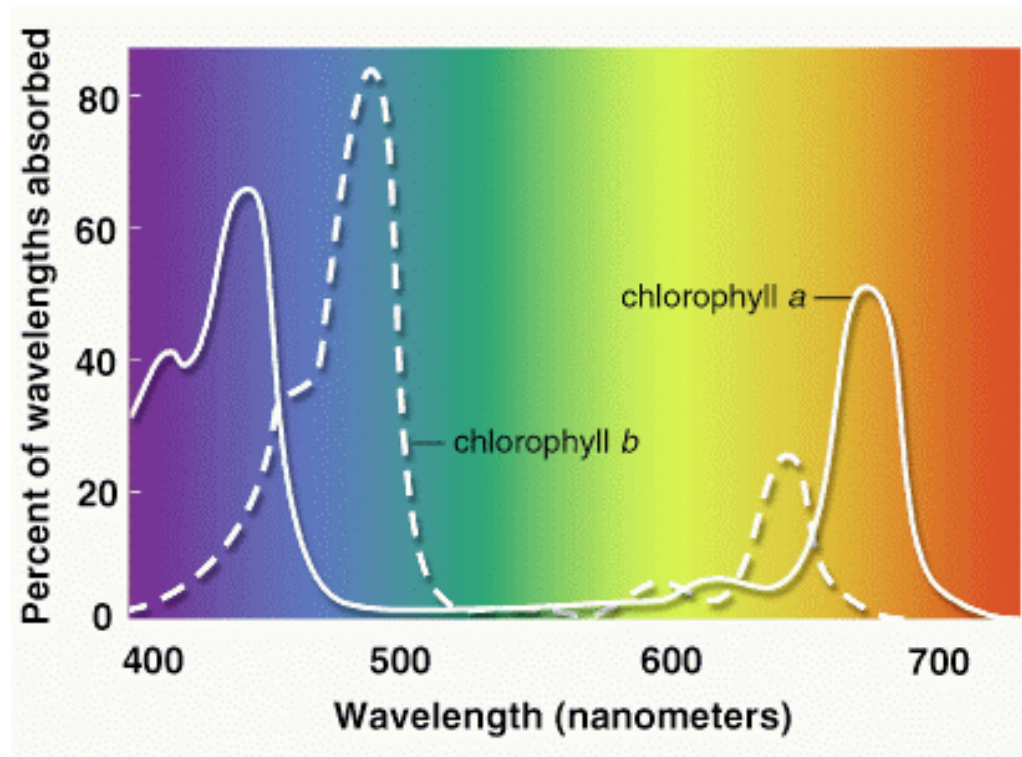
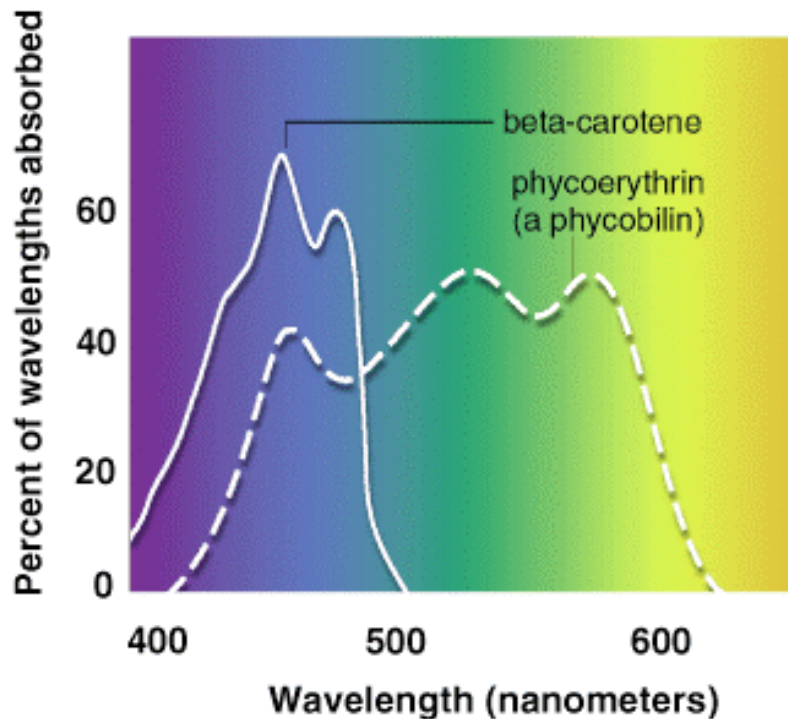
- **Prodor svjetla u dubinu ovisi o:**
 - **Prozirnosti mora** – u obalnim vodama već do dubine od 25 m prodire svega 1% svjetla; u prozirnijim oceanskim vodama 1% svjetla dopire do dubine od 100 m
 - **Valnoj dužini svjetla** – kraće valne dužine prodiru dublje; crveno svjetlo se apsorbira već u prvim metrima, dok najdublje prodire plavo svjetlo



Absorption in the ocean

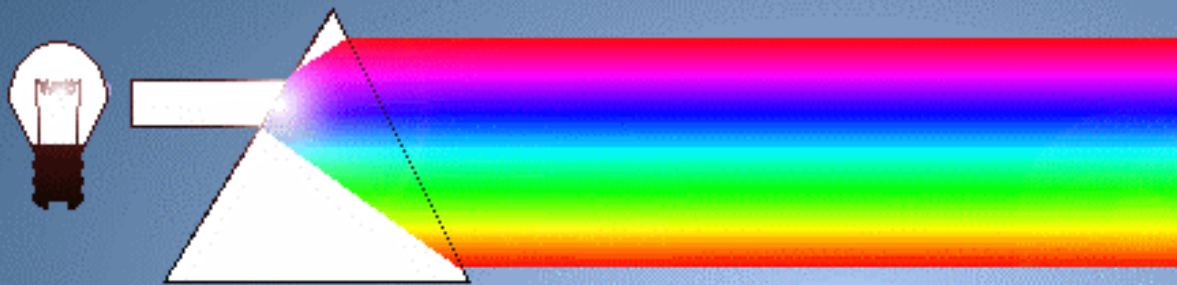


Za fotosintezu su važne dvije značajke svjetla: intezitet svjetla i valna dužina svjetla (energija svjetla)

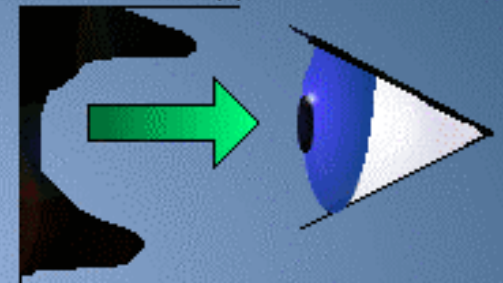


Različiti pigmenti apsorbiraju različite valne dužine svjetla

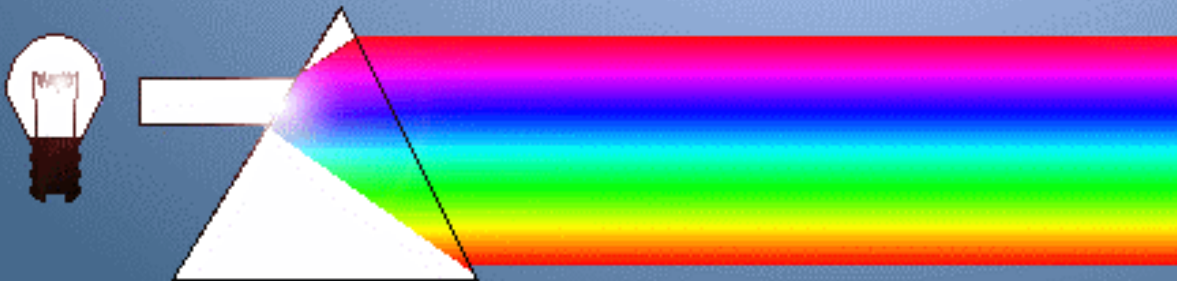
chlorophyll



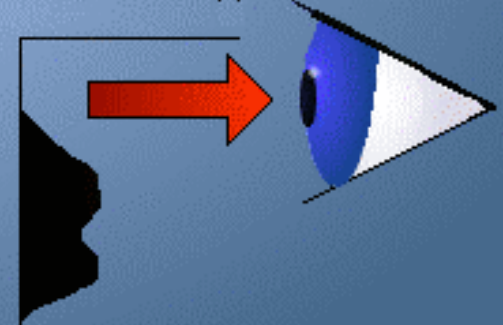
absorbing effect

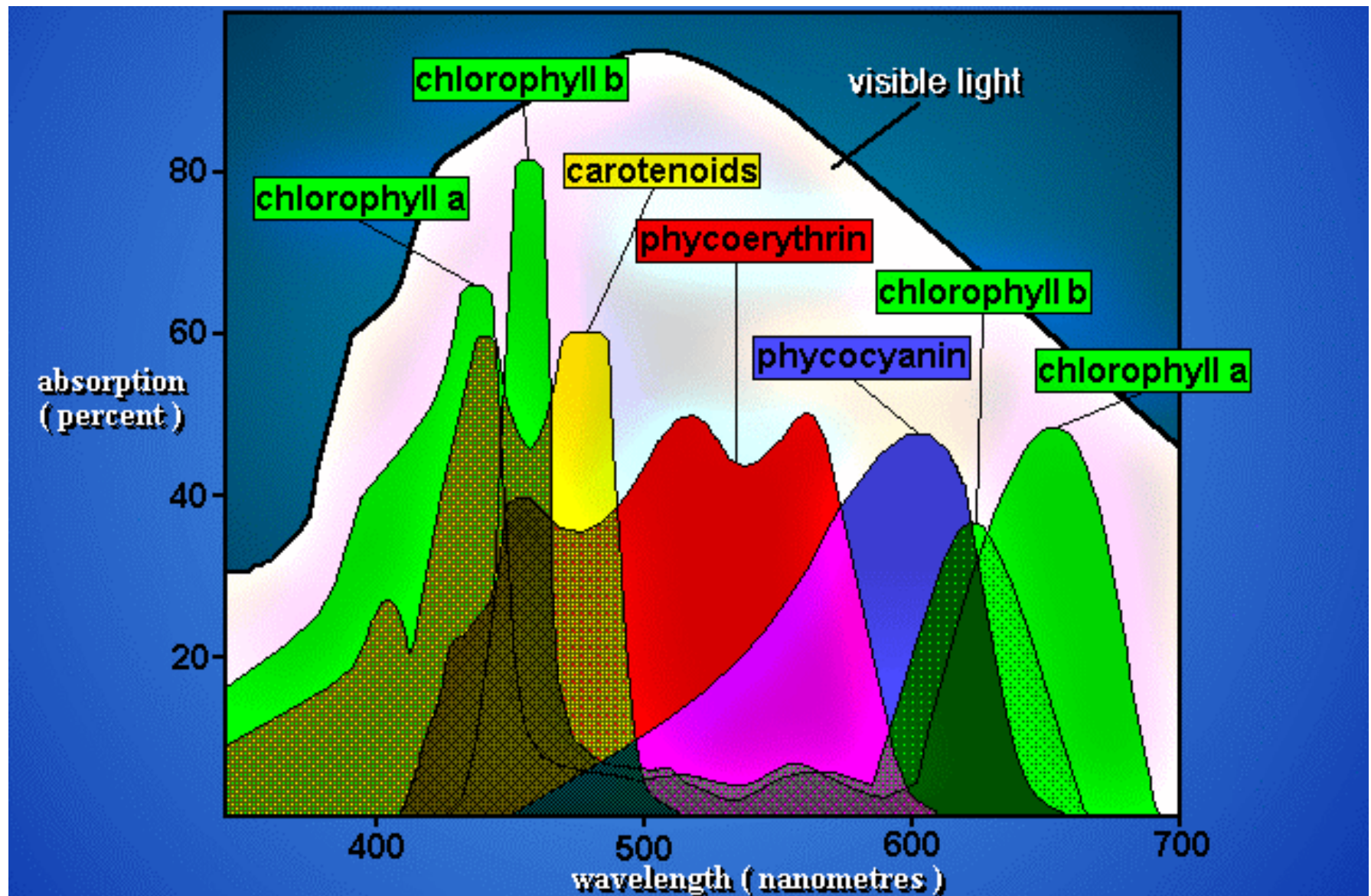


phycoerythrin

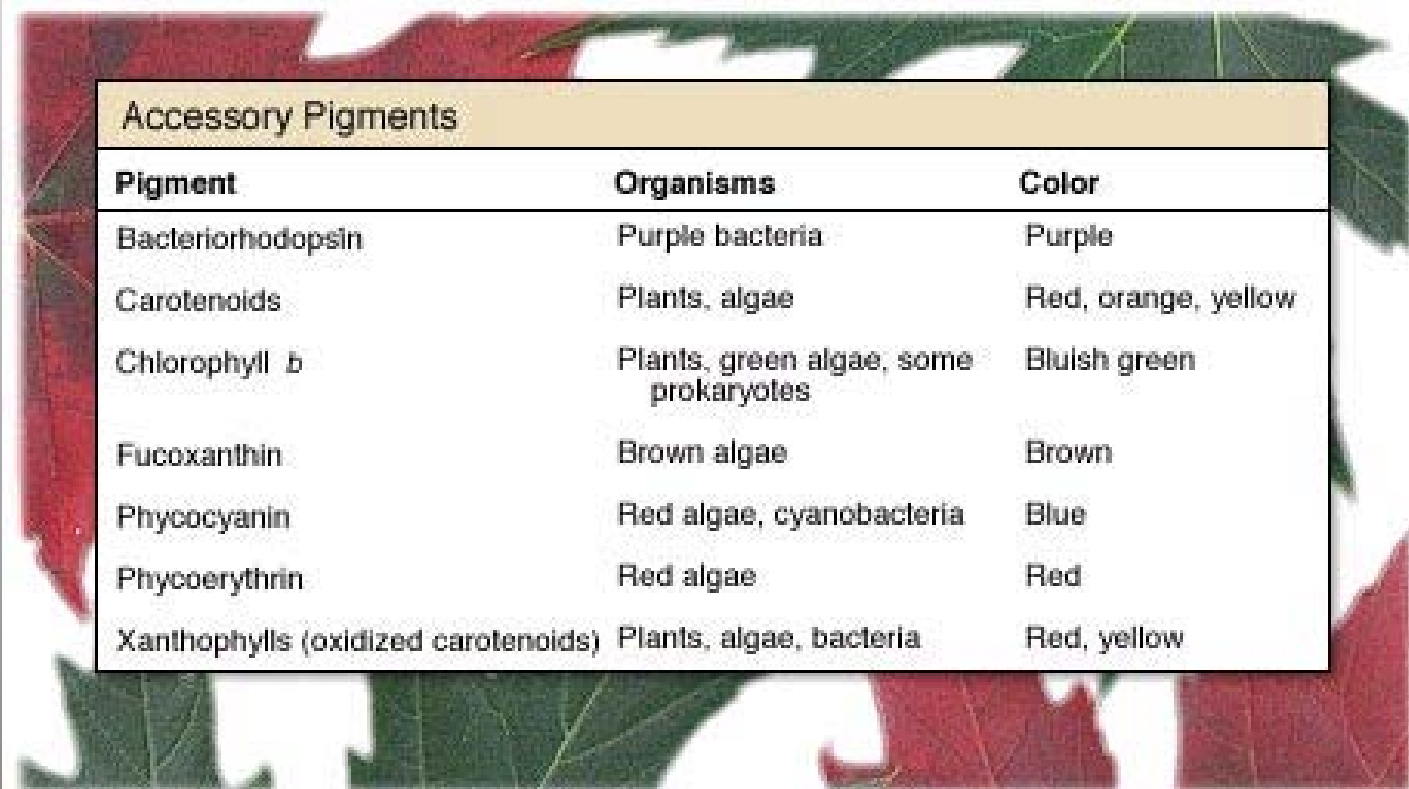


absorbing effect





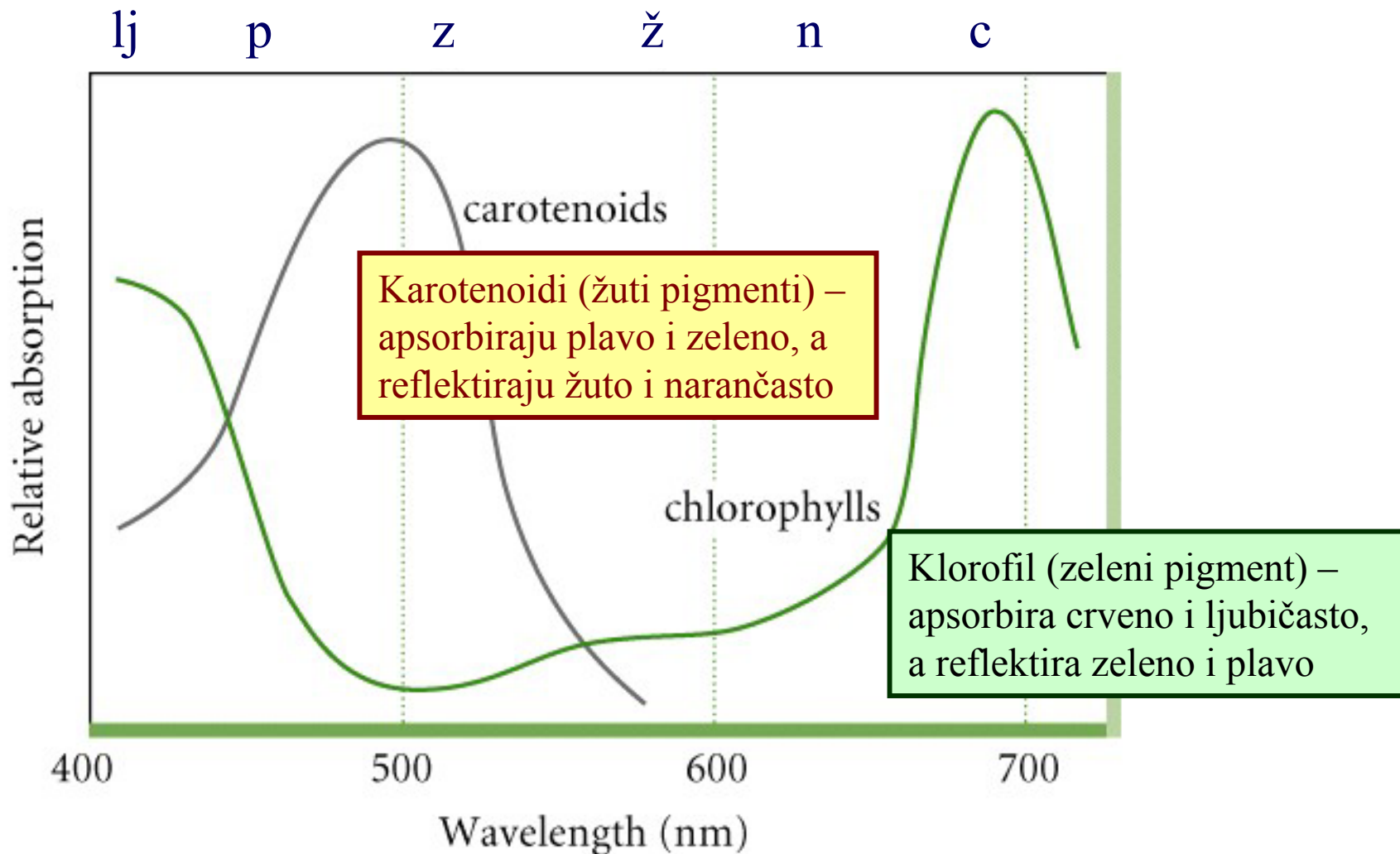
Boja pigmenta komplementarna je boji valne dužine svjetla koju pigment apsorbira. Ta se pojava naziva **komplementarna kromatska adaptacija**



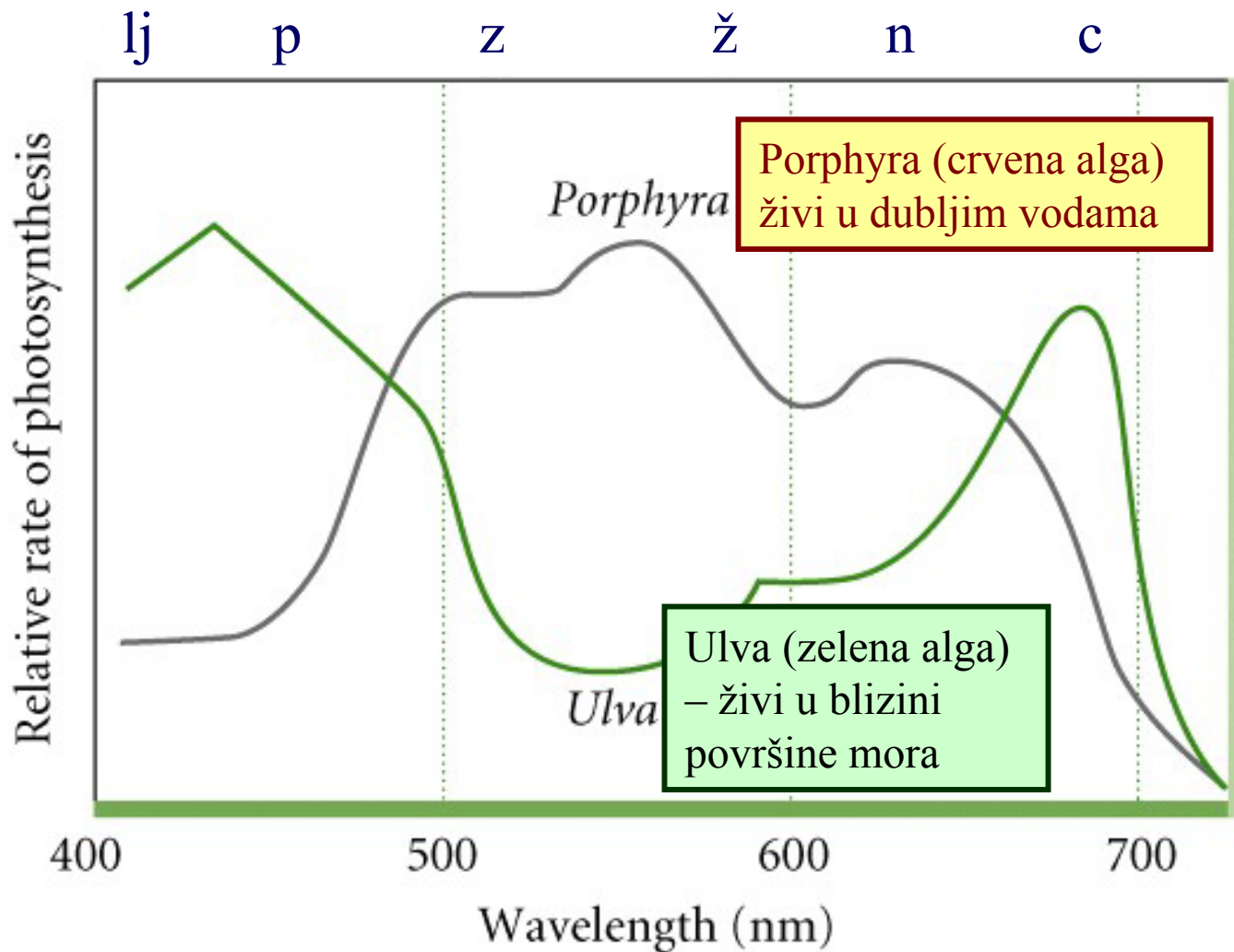
Accessory Pigments		
Pigment	Organisms	Color
Bacteriorhodopsin	Purple bacteria	Purple
Carotenoids	Plants, algae	Red, orange, yellow
Chlorophyll <i>b</i>	Plants, green algae, some prokaryotes	Bluish green
Fucoxanthin	Brown algae	Brown
Phycocyanin	Red algae, cyanobacteria	Blue
Phycoerythrin	Red algae	Red
Xanthophylls (oxidized carotenoids)	Plants, algae, bacteria	Red, yellow

M. Šolić: Ekologija mora

Biljke pomoću pigmenata koji su jaki apsorbeni svjetla apsorbiraju određene valne dužine, te vrše fotokemijsku konverziju energije svjetla u kemijsku energiju



Fotosintetski pigmenti biljaka adaptirani su na uvjete u kojima biljke žive



Utjecaj svjetla na vidljivost u morskoj sredini

- **Eufotički sloj** – osjetilo vida je vrlo značajno za organizme koji pomoću vida love ili izbjegavaju predatora (dnevne vertikalne migracije zooplanktona kao način izbjegavanja predatora koji love vidom)



- **Veće dubine** – karakteristične su dvije pojave:
 - Oči su zakržljale (zamjenjuju ih druga osjetila)
 - Razvitak velikih očiju (“teleskopske oči”) – mogu činiti 1/10 do 1/6 ukupne težine cijelog organizma

Povećane oči dubinskih riba



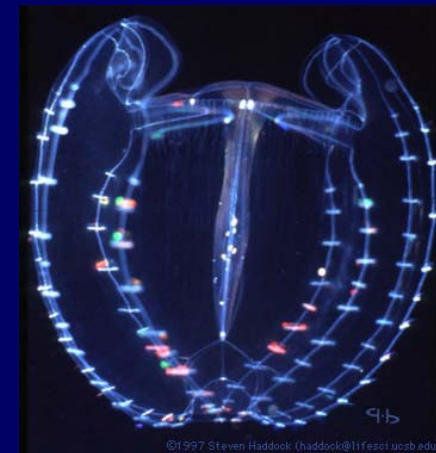


Povećane oči dubinskih riba



Bioluminiscencija

- Bioluminiscencija (svjetlucaње) je vrlo raširena pojava kod morskih organizama (nalazimo je gotovo u svim skupinama morskih organizama od praživotinja do kralježnjaka)
- Ova je pojava osobito izražena kod dubinskih organizama i u većim dubinama predstavlja jedino svjetlo
- Svrha bioluminiscencije je višestruka:
 - Raspoznavanje (pripadnika iste vrste, spolnih partnera)
 - Pronalaženje i privlačenje plijena
 - Zavaravanje predatora



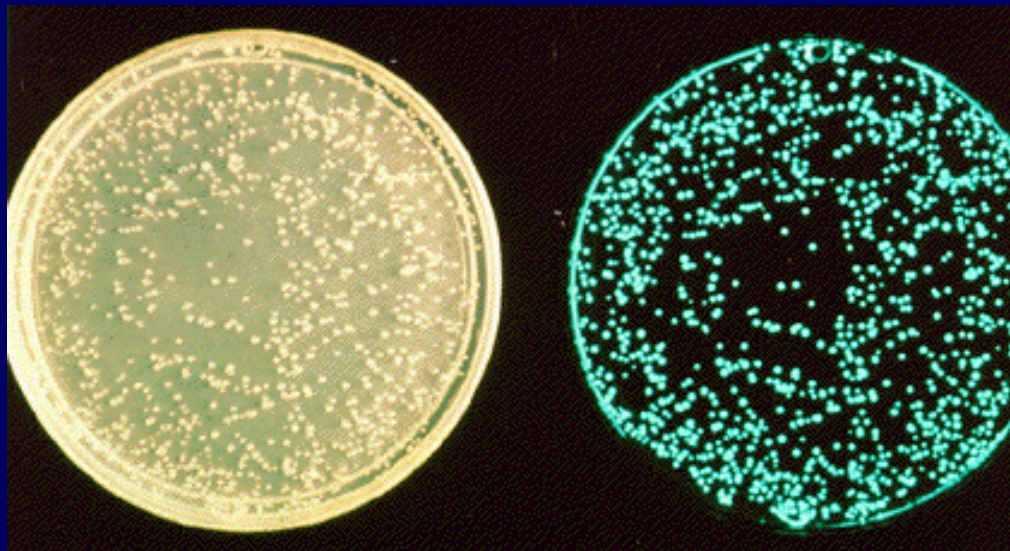
Bioluminiscencija

- Bioluminiscencija se manifestira na više načina:
 - Svjetluca čitavo tijelo
 - Svjetlucanje je ograničeno na žljezdaste organe
 - Postoje posebni organi za svjetljenje (“svjetleći organi”)
- Može biti kontinuirana ili što je češći slučaj isprekidana (proizvodi se na mahove)
- Može biti različitih boja (crvena, ljubičasta, zelena, plava, srebrnkasta itd.)
- Kod bioluminiscencije svjetlo je vrlo intezivno (proizvedena toplina ne prelazi 1/5 ukupne energije). Šest račića vrste *Meganytiphares norvegica* (račići dužine 1.5 cm) u posudi od 2 litre proizvode dovoljno svjetla da je uz posudu moguće čitati novine

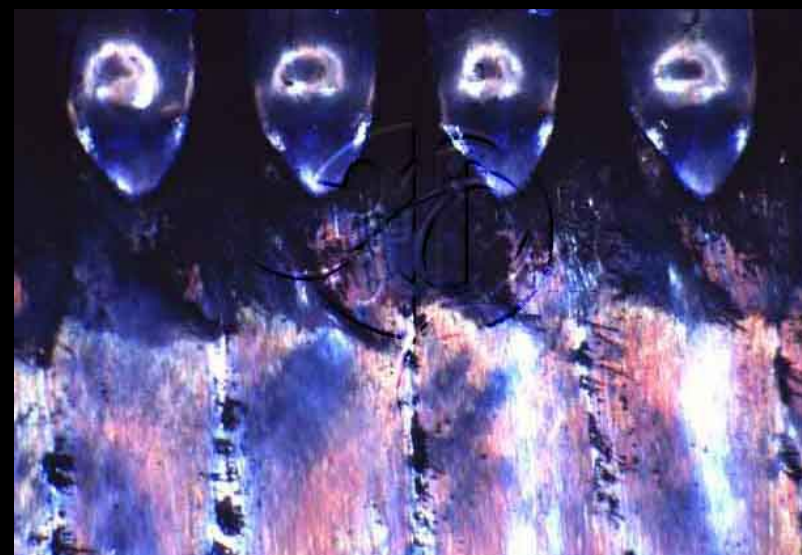
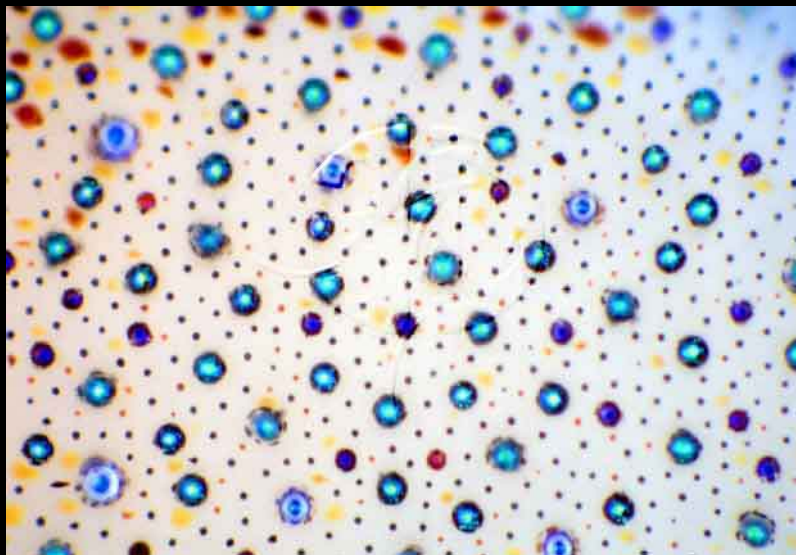
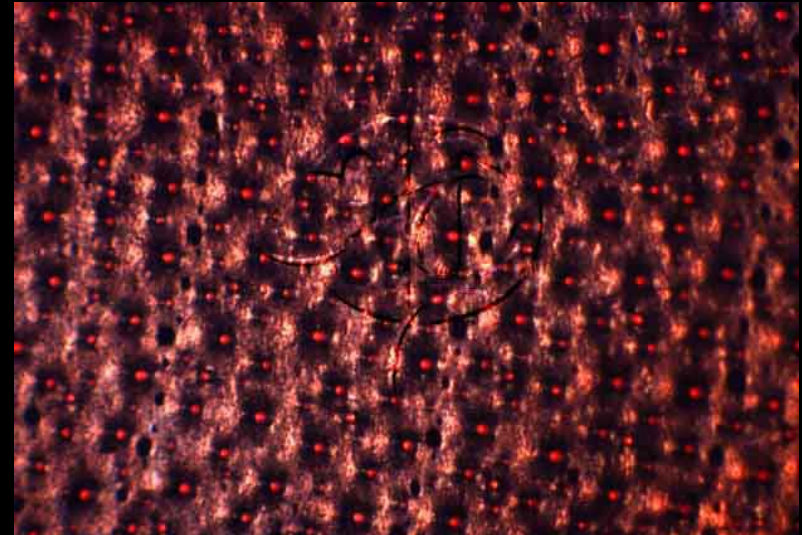
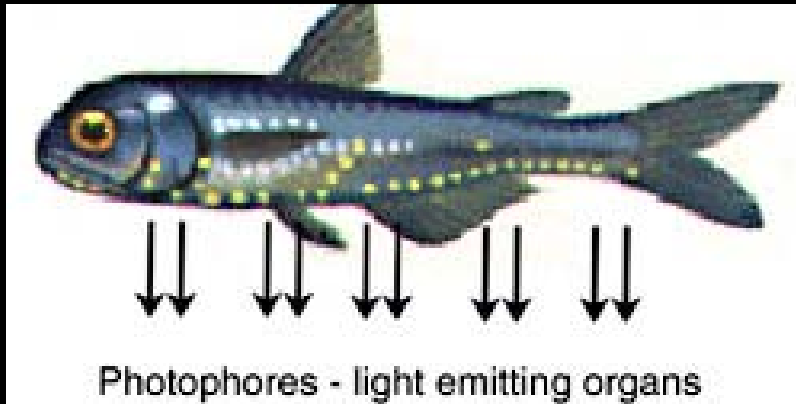


Bioluminiscencija

- Bioluminiscencija po porijeklu može biti:
 - **Iz posebnih žlijezda** (žlijezde sadrže kemijski spoj luciferin koji prilikom oksidacije oslobađa energiju u obliku svjetla)
 - **Simbiotska** (vodi porijeklo od simbiotskih fotogenih bakterija)



Fotofore na koži ribe



Lignje

*Histioteuthis
heteropsis*

Fotofore
po cijelom
tijelu



Svijetleći organi

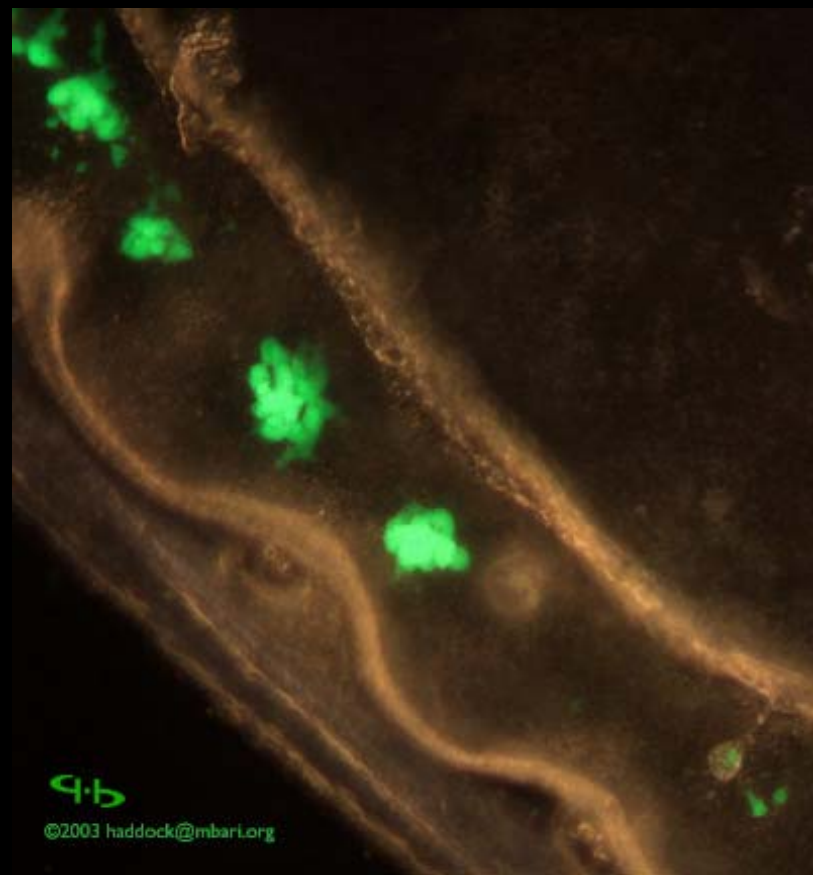
96



Meduza:

Aequorea victoria

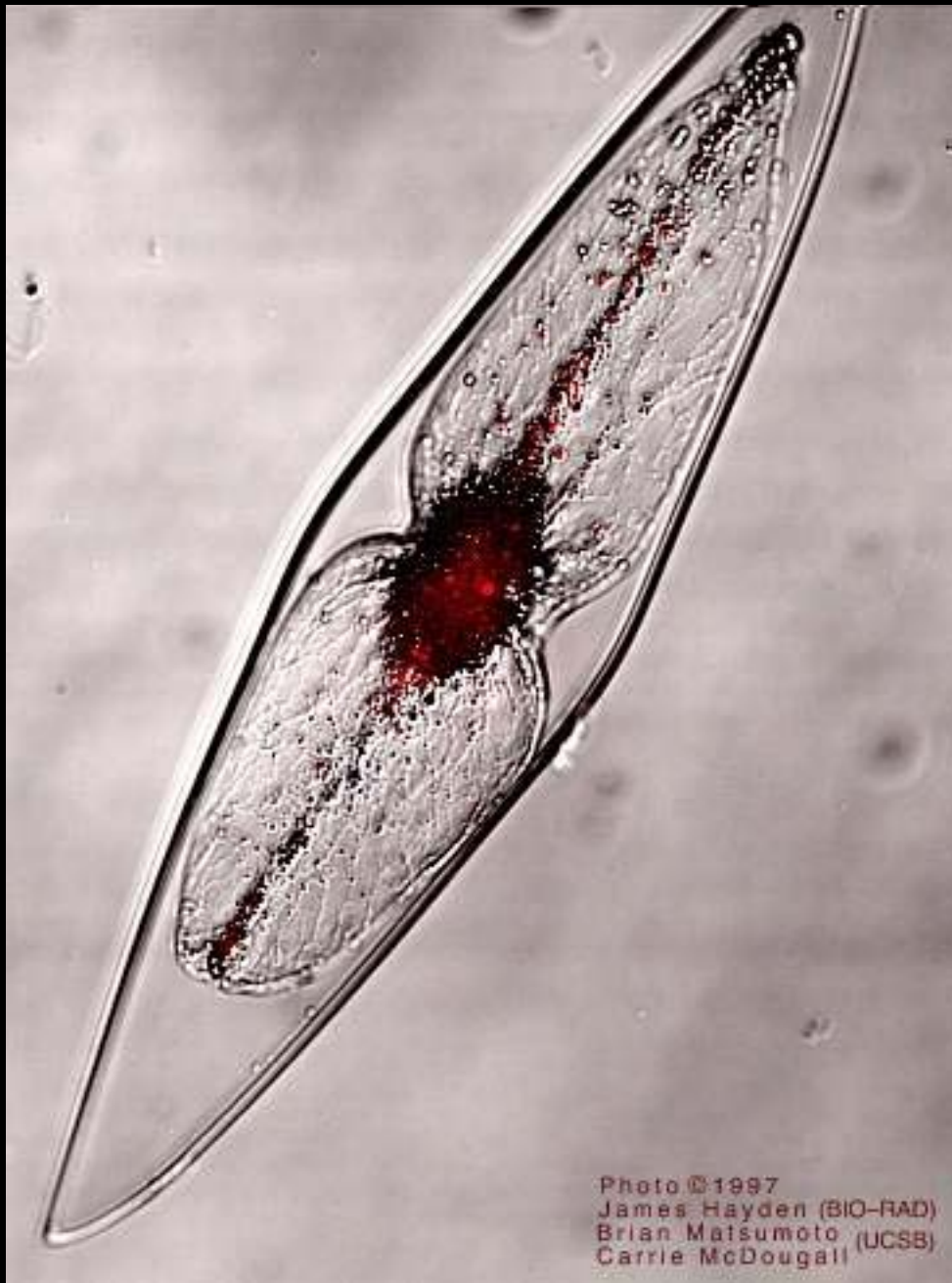
Zeleni fluorescentni protein



9.5

©2003 haddock@mbari.org

9.5



Dinoflagelat:

Pyrocystis fusiformis

Crvena fluorescencija
potječe od klorofila



Dinoflagelat:

Pyrocystis fusiformis

Plava fluorescencija



Scyphomedusa:
Atolla vanhoeffeni



Riba:

Hatchetfish



Fotofore po cijelom tijelu

Heteropodni puž:

Carinaria sp.

**Nema bioluminiscencije
ali posjeduje pigmente**



Chaetognatha:

Caecosagitta macrocephala

Jedini chaetognath kod
kojeg je otkrivena
bioluminiscencija



Kril:

Euphausia pacifica



9.6

M. Šolić: Ekologija mora





Ctenophora (rebraš)

Kad je uznemiren
izbacuje mlazove
fluorescirajućih čestica
koje zbunjuju predatora

Ctenophora (rebraš):

Bathocyroe sp.





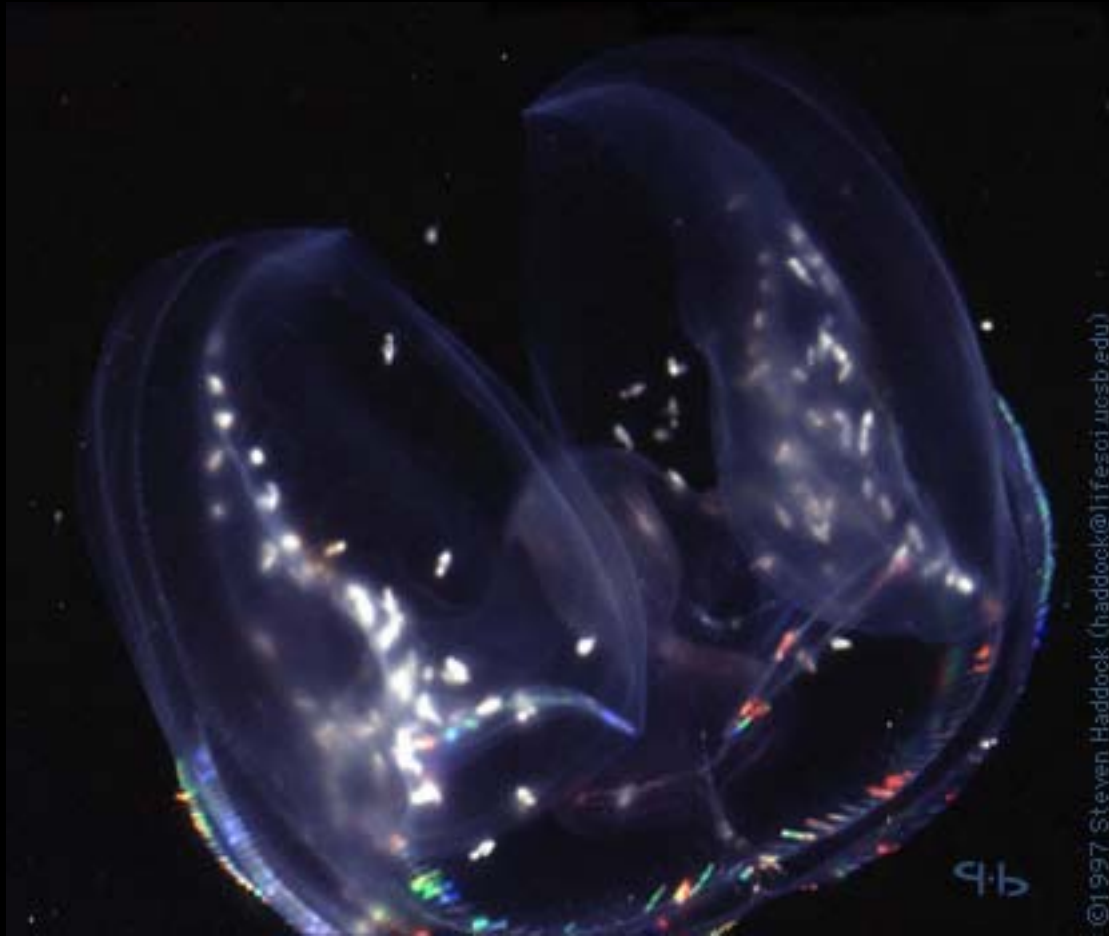
Ctenophora (rebraš):

Bathycytena sp.

Ctenophora (rebraš):

Deiopea sp.





Ctenophora (rebraš):

Ocyropsis sp.

Ctenophora (rebraš)



Obojeno svjetlo nije
bioluminiscencija,
već refleksija svjetla
na trepljama



Riba:

Lanternfish *Myctophid*

Svjetleći organi na repu proizvode jake bljeskove koji zbunjuju predatora



Oktopod:

Japetella sp.



**Snažna
bioluminiscencija
oko usta ima
ulogu privlačenja
spolnog partnera**

9.5

©2003 haddock@mbari.org



Meduza:

Paraphyllina sp.

Pelagički puž:

Phylliroe sp.



Polihet (mnogočetinaš):

Tomopteris sp.



Pteropodni puž:

Kod ovog puža
nema
bioluminiscencije,
ali se uočava
crvena
pigmentacija





Radiolaria (zrakaš):

Tuscardium cygneum

9.5

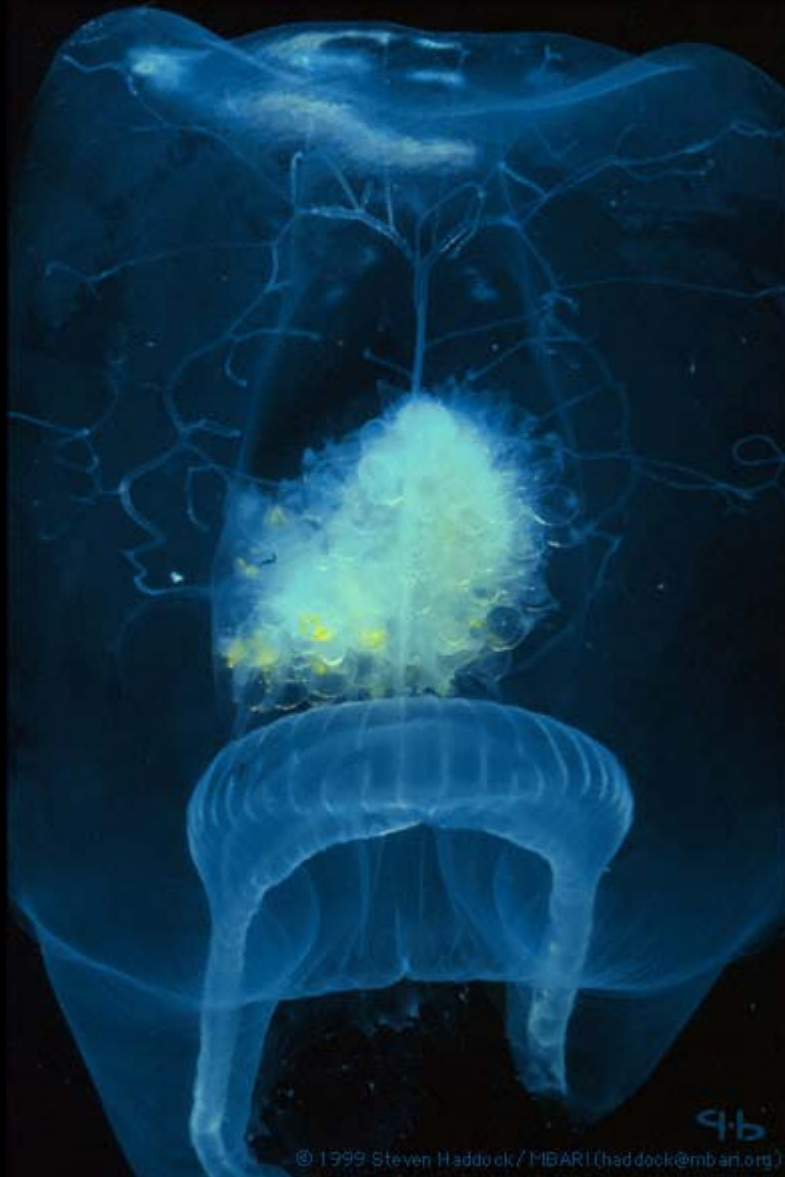
©2003 haddock@mbari.org

Siphonophora (crijevnjak):

Bargmannia sp.

Izbacuje mlazeve
svjetla dok pliva





Siphonophora (crijevnjak):

Praya dubia

Jedna od najdužih
životinja na Zemlji
koja može biti duga i
do 50 m



Lignja

Abraliopsis sp.

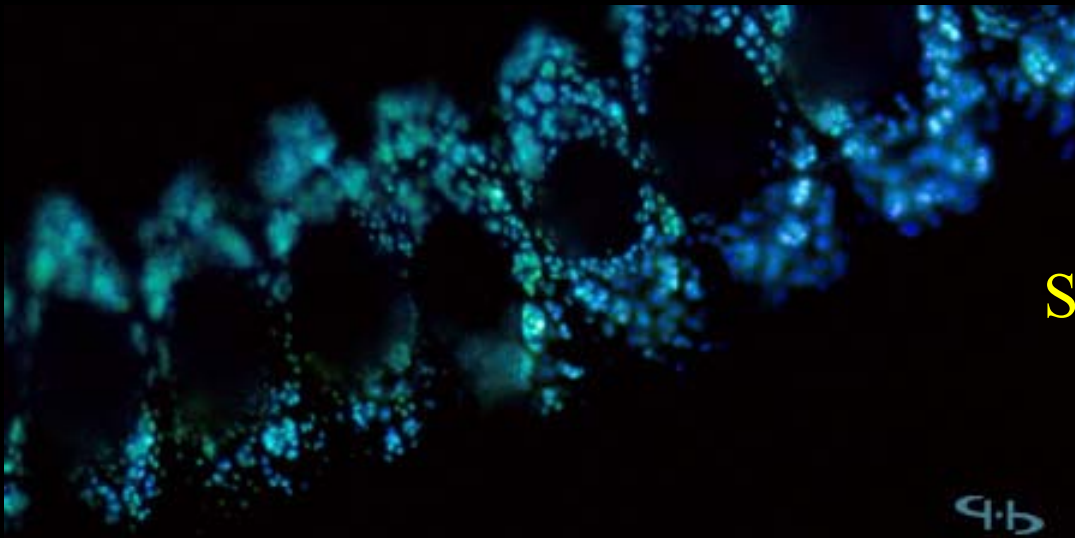
Bioluminiscencijom maskira
siluetu i postaje nevidljiva za
predatora





Vampiriska lignja

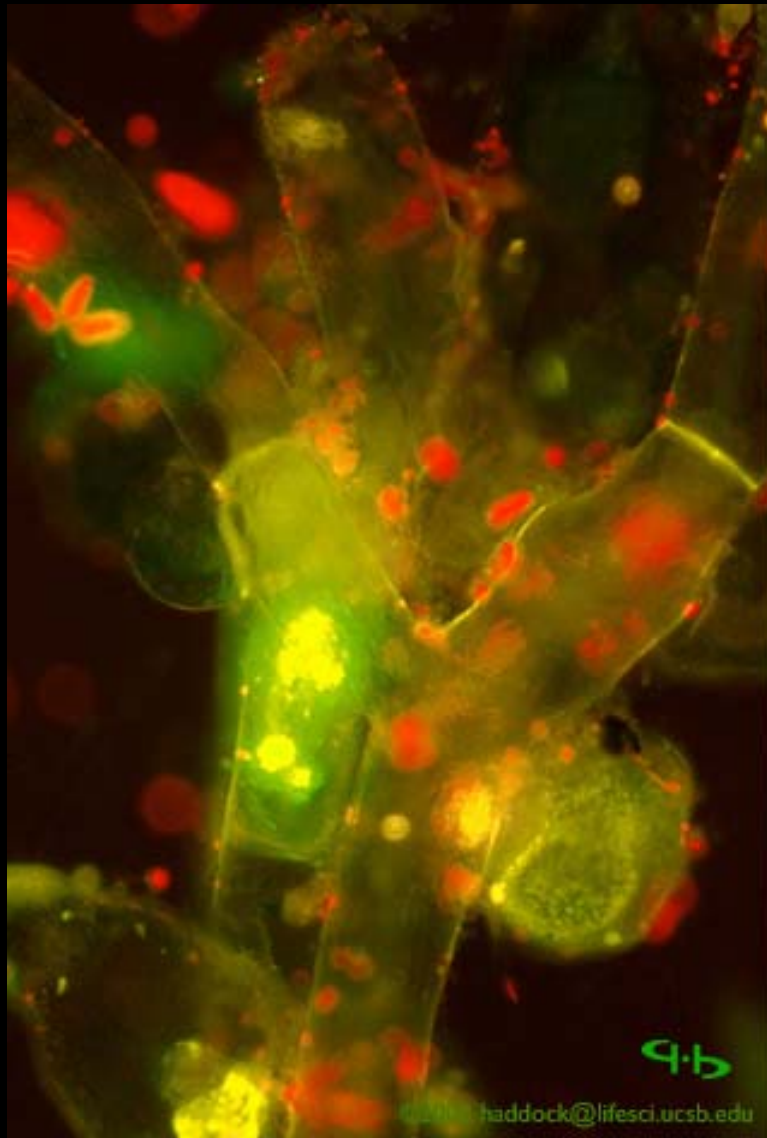
Vampyroteuthis infernalis



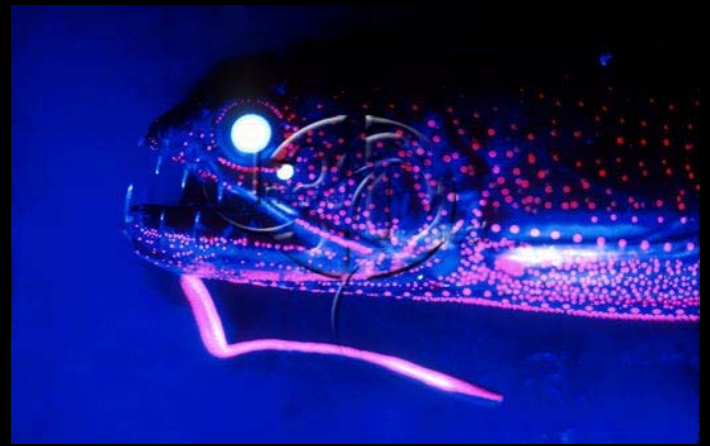
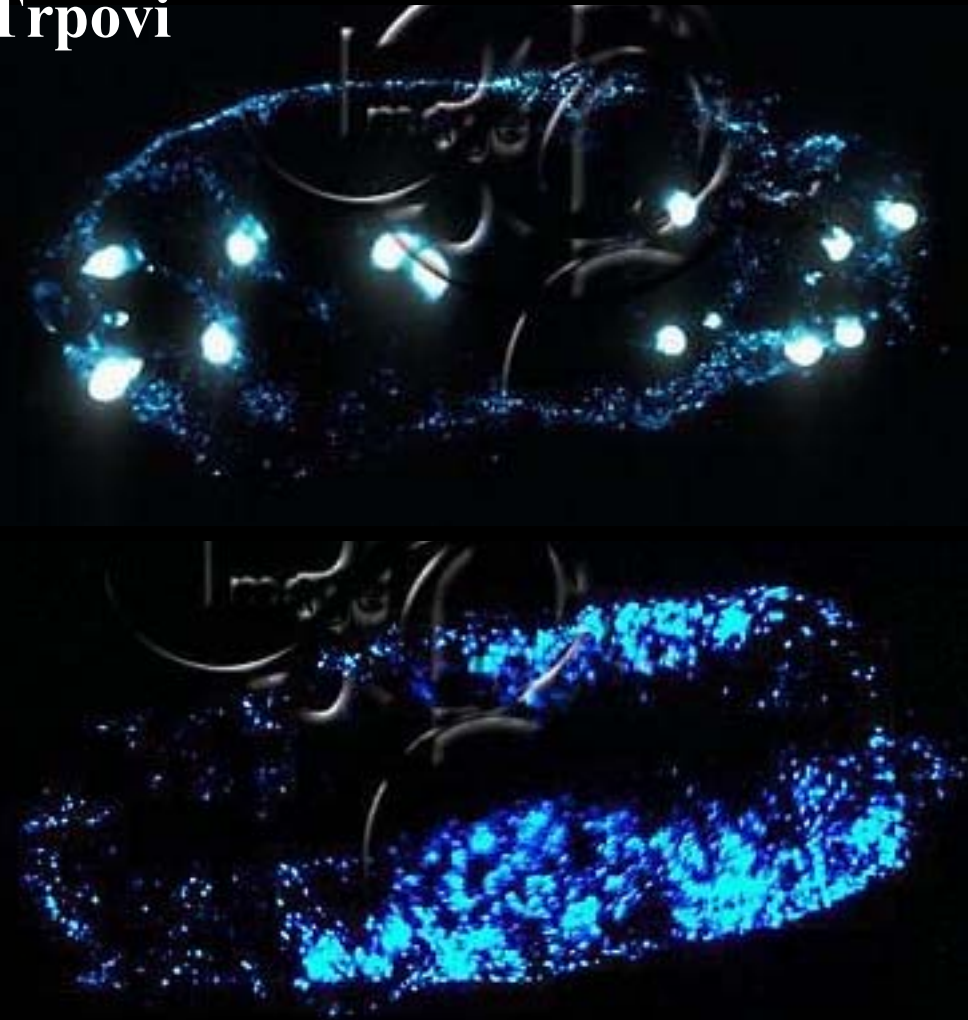
Svjetleći organi kod
lignje

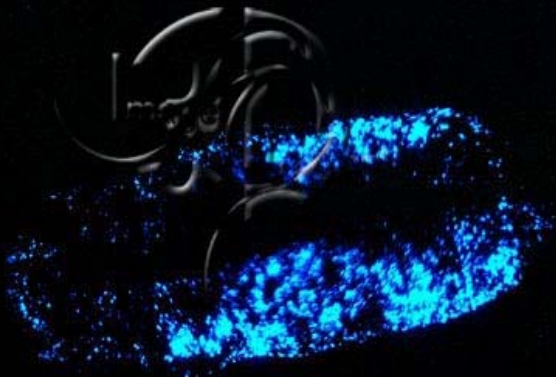
Hidroid

Crvena i zelena fluorescencija.
Crvena potječe od klorofila

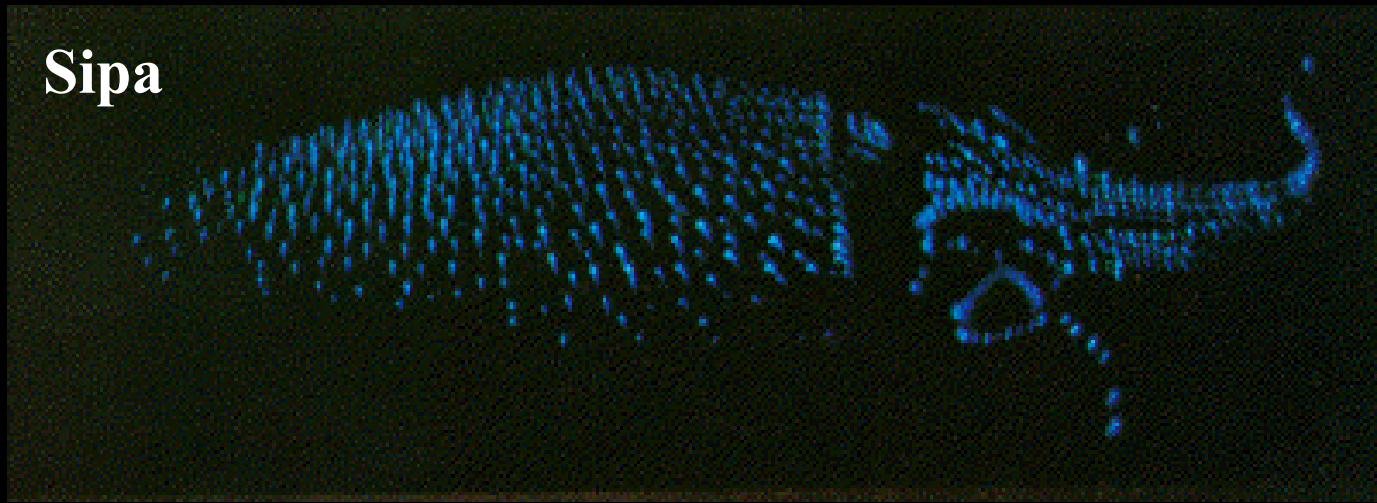


Trpovi





Sipa

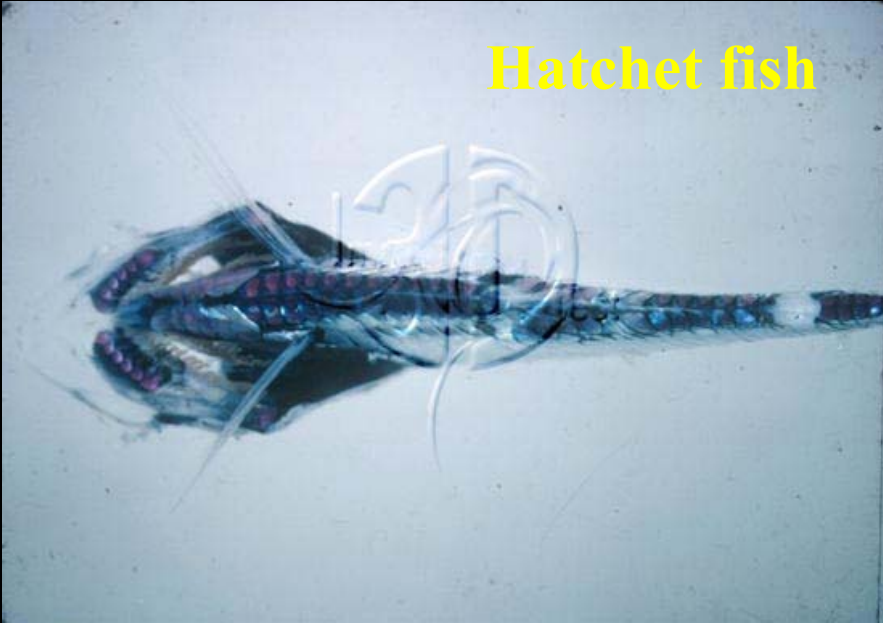


Dubokomorski heteropod



Zvezdača *Plutonaster* sp.

Hatchet fish



kril



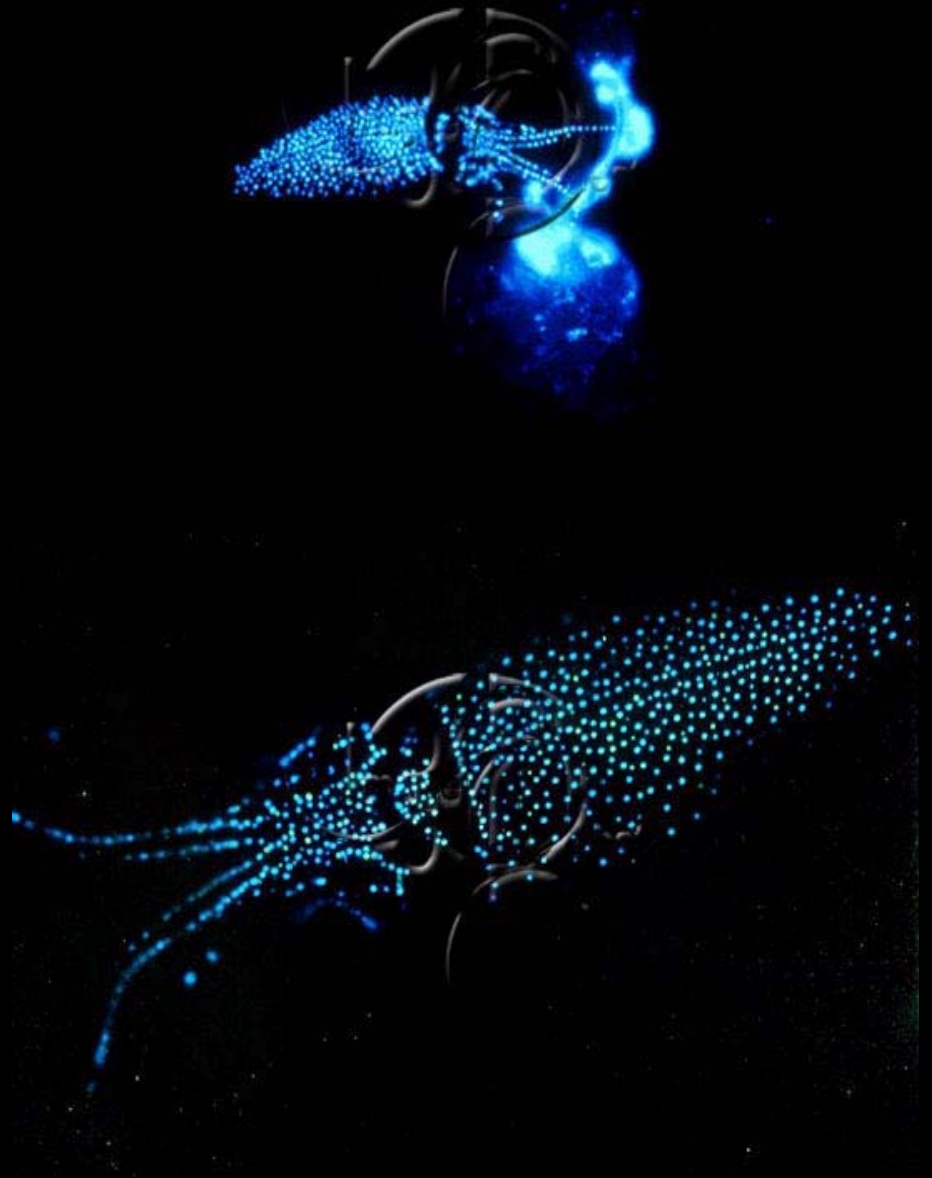


Lantern fish

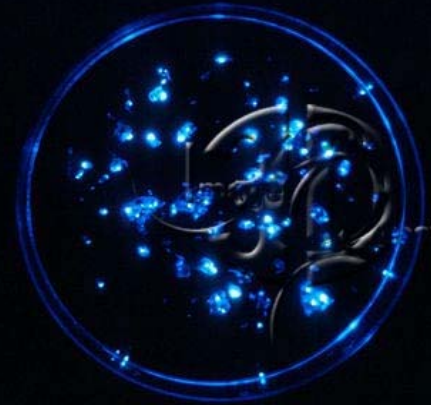




lignja



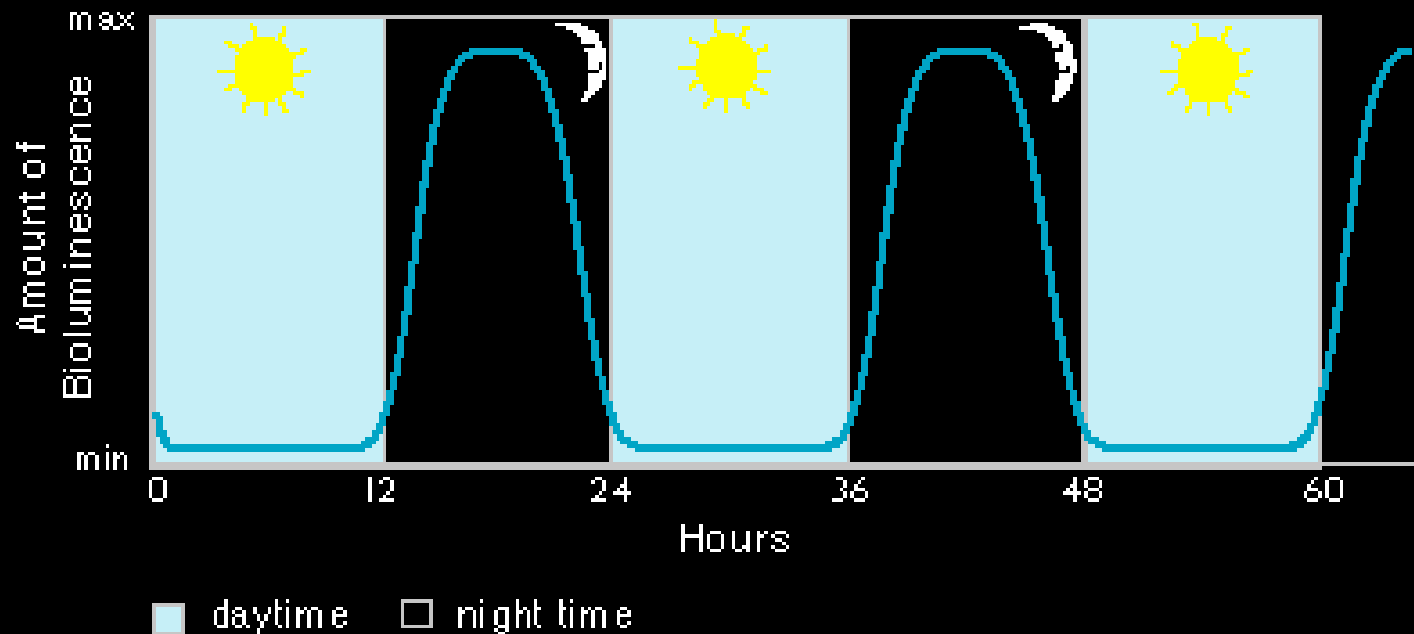
Ostrakod *Vargula* sp.



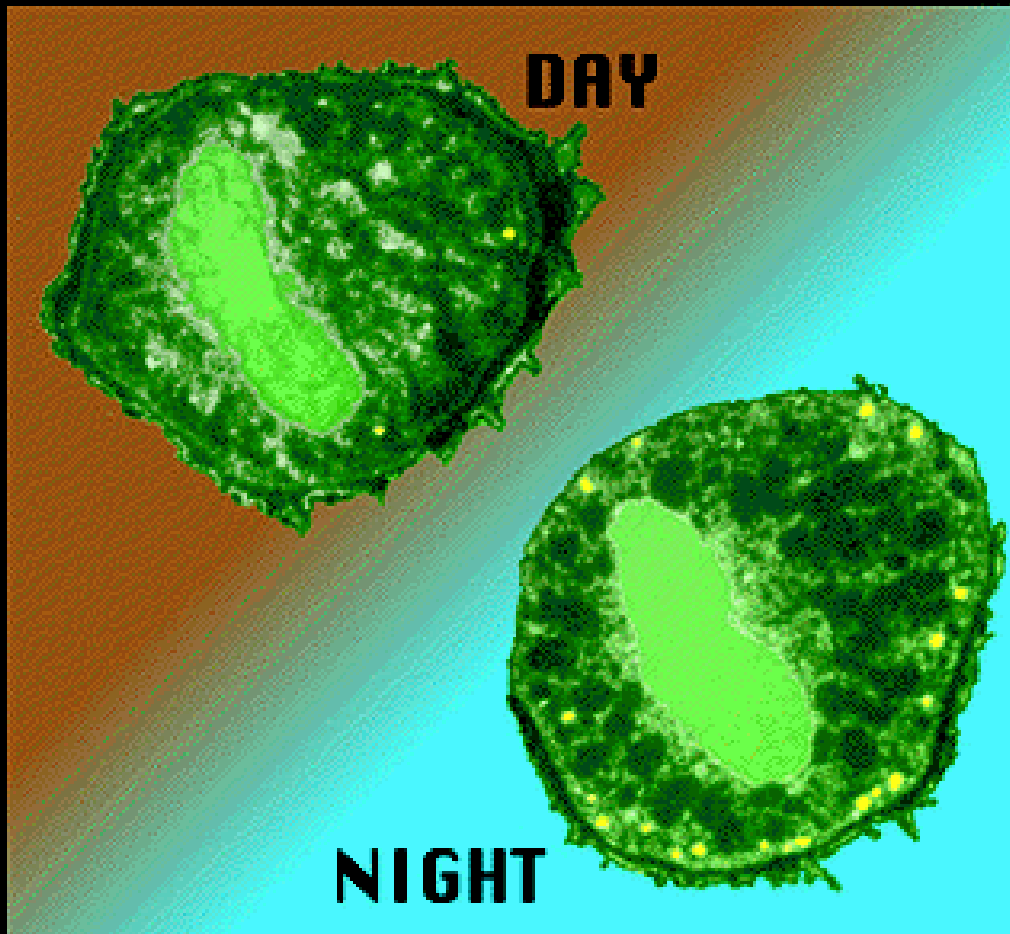
Dinoflagelat *Noctiluca*



Ritmička bioluminiscencija kod dinoflagelata



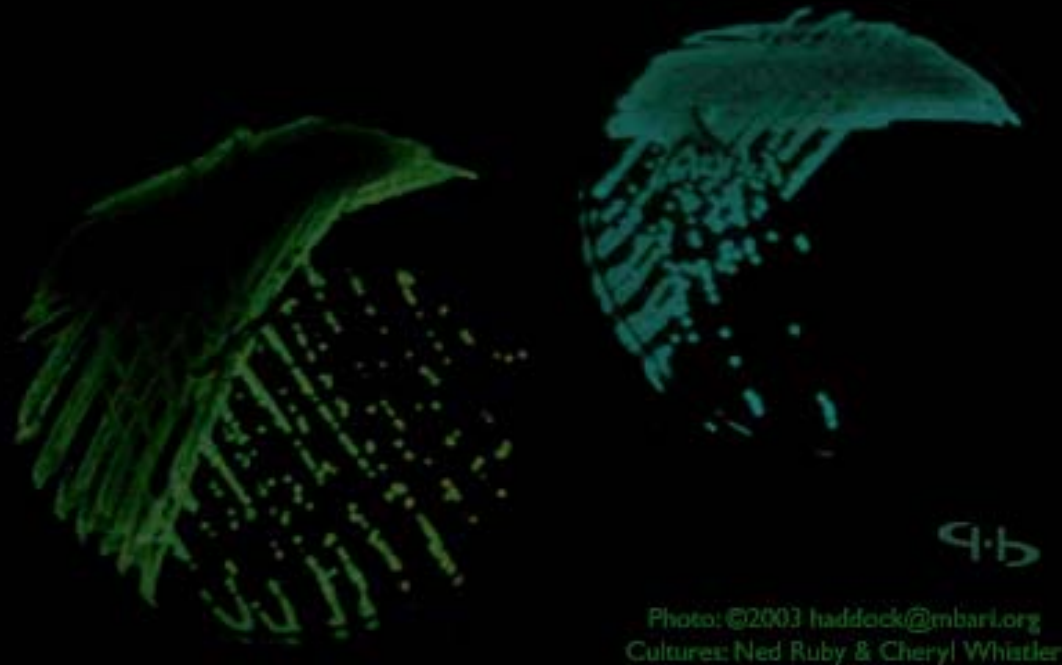
Ritmička bioluminiscencija kod dinoflagelata



Goniaulax polyedra

Žute točke su svjetleći
organeli

Kultura bakterija iz roda *Vibrio*



Zelenkasta i plavkasta fluorescencija

Kultura luminiscentnih bakterija



Svjetlo kao faktor orijentacije morskih organizama

- **Fototropizam** – zauzimanje položaja tijela u odnosu na izvor svjetla (pojava česta kod sesilnih organizama)
- **Fotokineza** – kretanje pod utjecajem svjetla bez određenog smjera
- **Fototaksija** – kretanje u smjeru svjetla (pozitivna fototaksija) ili suprotno od svjetla (negativna fototaksija)
 - Vertikalne dnevne migracije planktona
 - Periodične migracije (dnevne i godišnje)
 - Ribolov pomoću svjetla (“na sviću”)

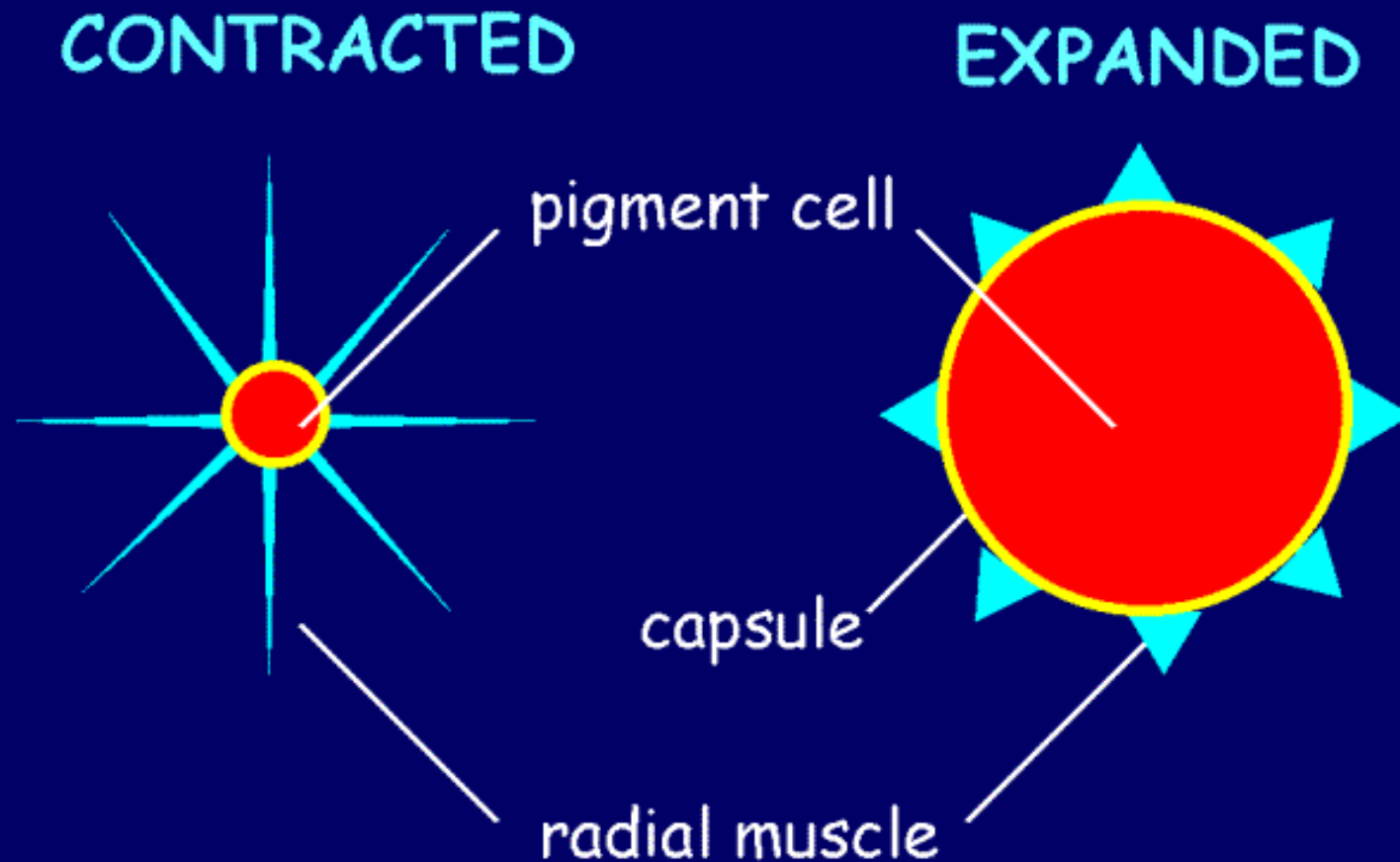
Fotoperiodizam u morskom okolišu

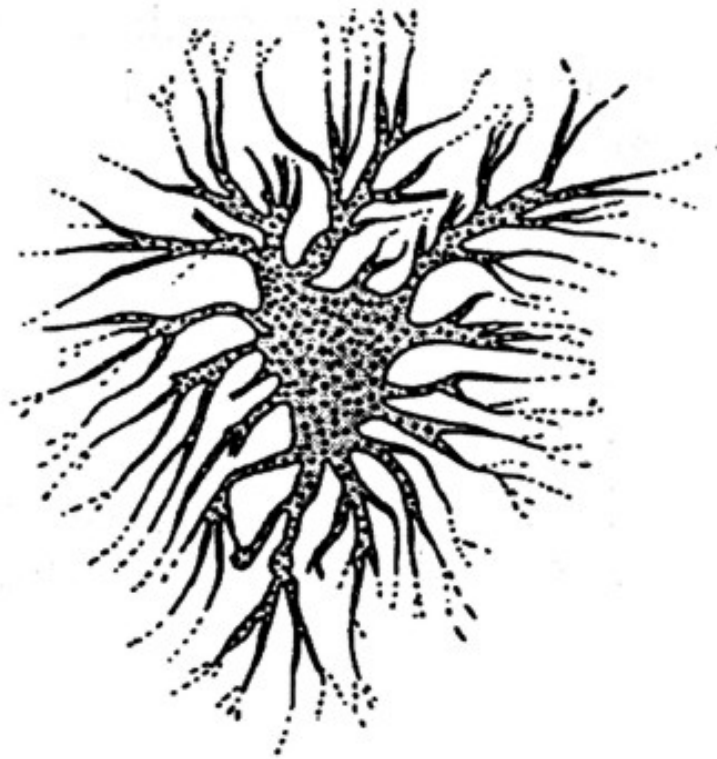
- **Sezonske promjene** režima svjetla utječu na razmnožavanje, razvitak, rast i prehranu organizama
- **Dnevne promjene** svjetla (izmjena dana i noći)
 - **Ritmički tip aktivnosti** – dnevne, noćne, sumračne
 - **Aritmički tip aktivnosti**
 - **Monofazne životinje** – smjena aktivnosti i mirovanja jednom u 24 sata
 - **Polifazne životinje** - smjena aktivnosti i mirovanja više puta u 24 sata

Štetno djelovanje svjetla

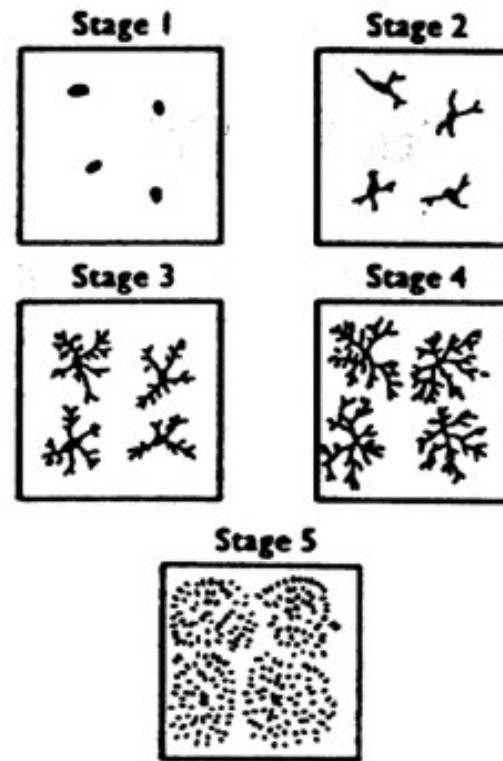
- **Ultraljubičasto (UV) i ljubičasto svjetlo:**
 - Oštećenja na tkivima
 - Brza razgradnja vitamina
- **Mehanizmi obrane:**
 - Pokretni organizmi se mogu premjestiti u veće dubine
 - Neke se životinje zakopavaju u podlogu
 - Noćna aktivnost (neke vrste koralja pružaju svoje lovke samo tijekom noći)
 - Prozirnost tijela (tijelo propušta sve valne dužine svjetla i nijednu ne apsorbira)
 - Povećanje pigmentacije (gustoća pigmentnih stanica - kromatofora)

Svaka pigmentna stanica je okružena radijalnim mišićima koji je mogu stisnuti i raširiti



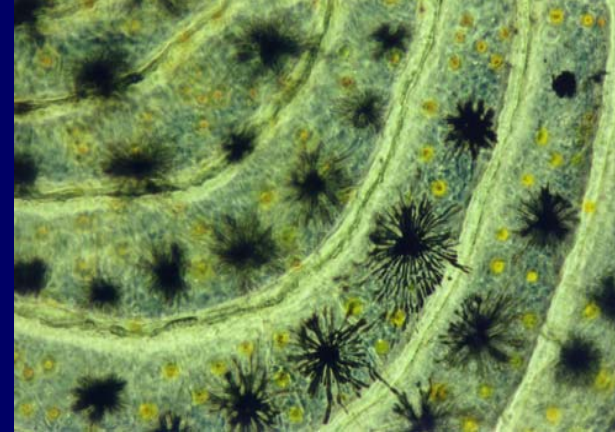
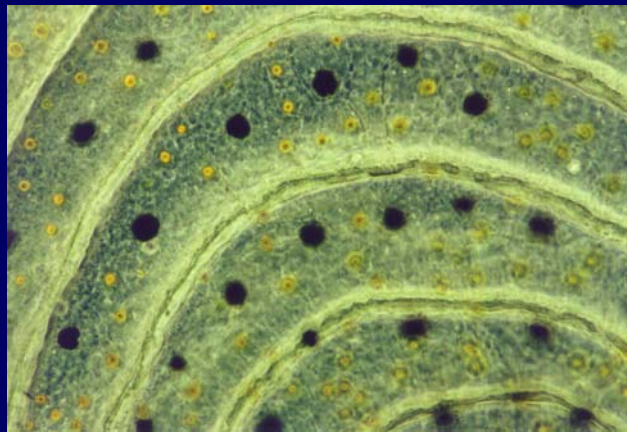


(a)



(b)

Fundulus grandis – Tropska ribica česta u akvarijima



Skupljene kromatofore

Disperzirane kromatofore

**Superdisperzirane
kromatofore**

Obojenost tijela u svrhu zaštite

- **Homokromija** – prilagođenost boji morskog dna
- **Mogućnost promjene boje tijela (kromatofore)**
 - Melanofore – crni pigment
 - Ksantofore – žuti pigment
 - Eritrofore – crveni pigment



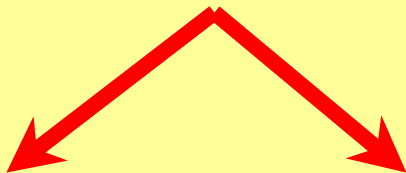
Sunčevo zračenje i isušivanje

Organizmi u zoni plime i oseke su izloženi jakim sunčevim zrakama

ZAGRIJAVANJE



EVAPORACIJA



ISUŠIVANJE

POVEĆANJE
SALINITETA

How Some Shore Animals cope with the Desiccating Effects of the Sun

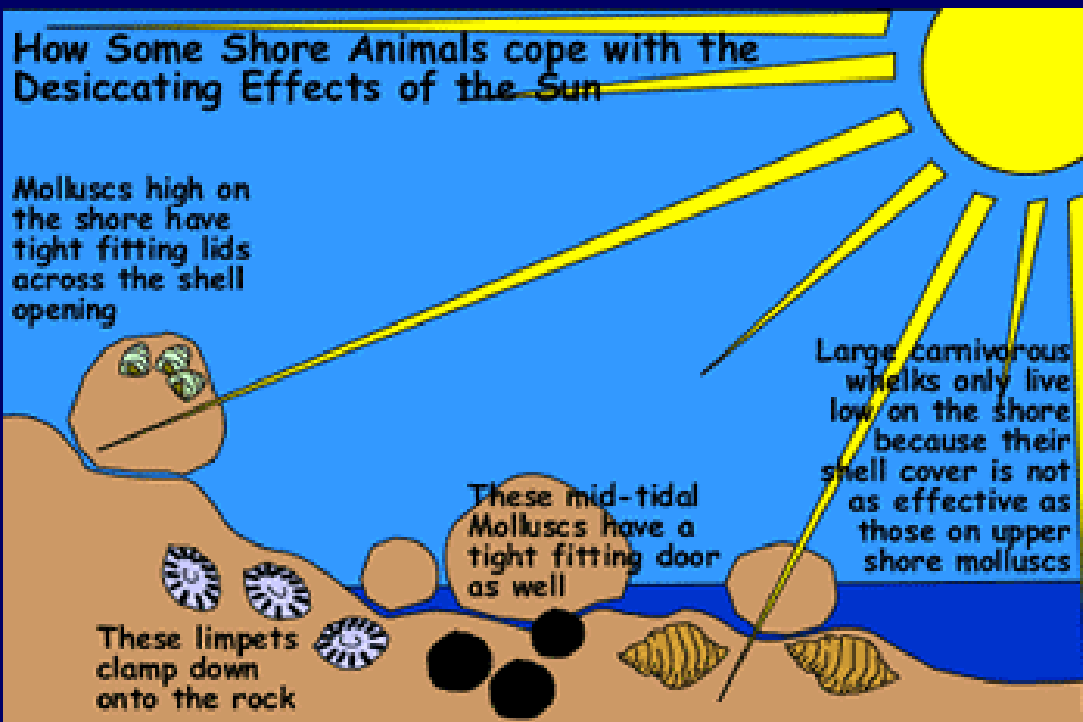
Molluscs high on the shore have tight fitting lids across the shell opening



These mid-tidal Molluscs have a tight fitting door as well

These limpets clamp down onto the rock

Large carnivorous whelks only live low on the shore because their shell cover is not as effective as those on upper shore molluscs



OTOPLJENI PLINOVI

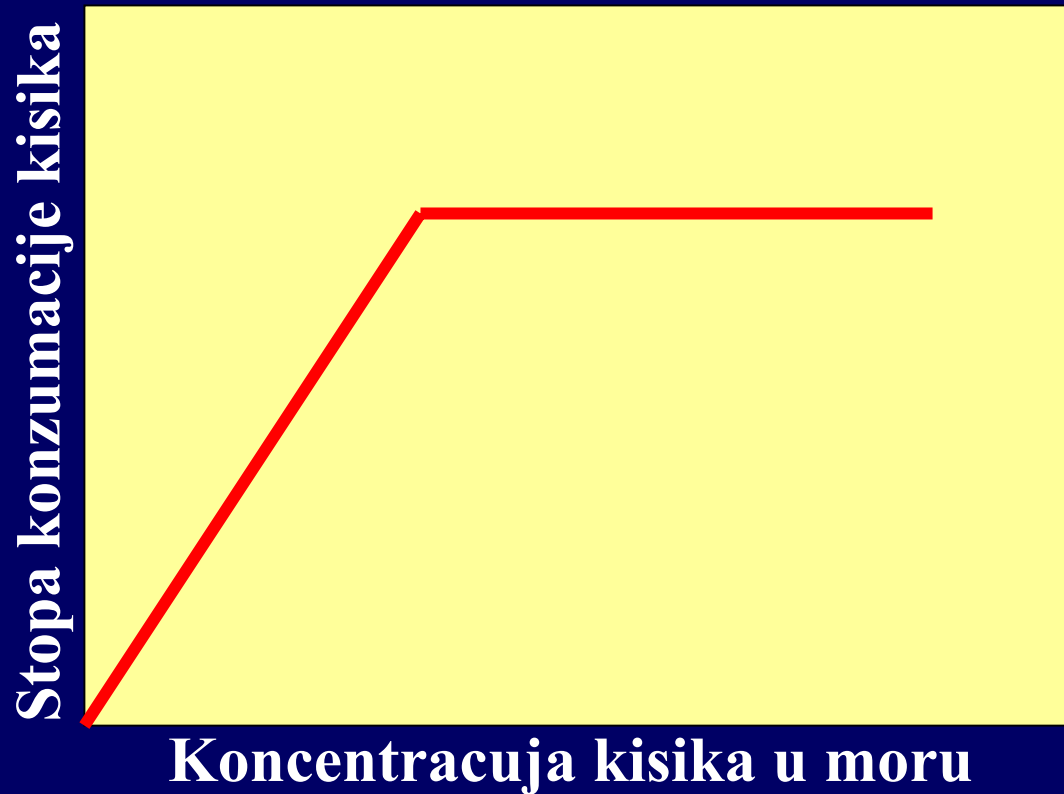


- 1. Kisik**
- 2. Ugljični dioksid**
- 3. Sumporovodik**

Kisik

- Kisik je neophodan za život većine organizama na Zemlji
- Kisik može biti ograničavajući faktor u eutrofiziranim vodama, kao i u morskim sedimentima koji su, osim na samoj površini, vrlo često bez kisika (crna boja, miris sumporovodika)
- Biljke općenito mogu tolerirati veće nedostatke kisika u odnosu na životinje jer im je respiracija znatno manja
- Mnogi su morski organizmi prilagođeni životu u uvjetima snižene koncentracije kisika ili čak u uvjetima bez kisika

**Tipičan odnos između koncentracije kisika u moru
i brzine konzumacije kisika kod životinja.**

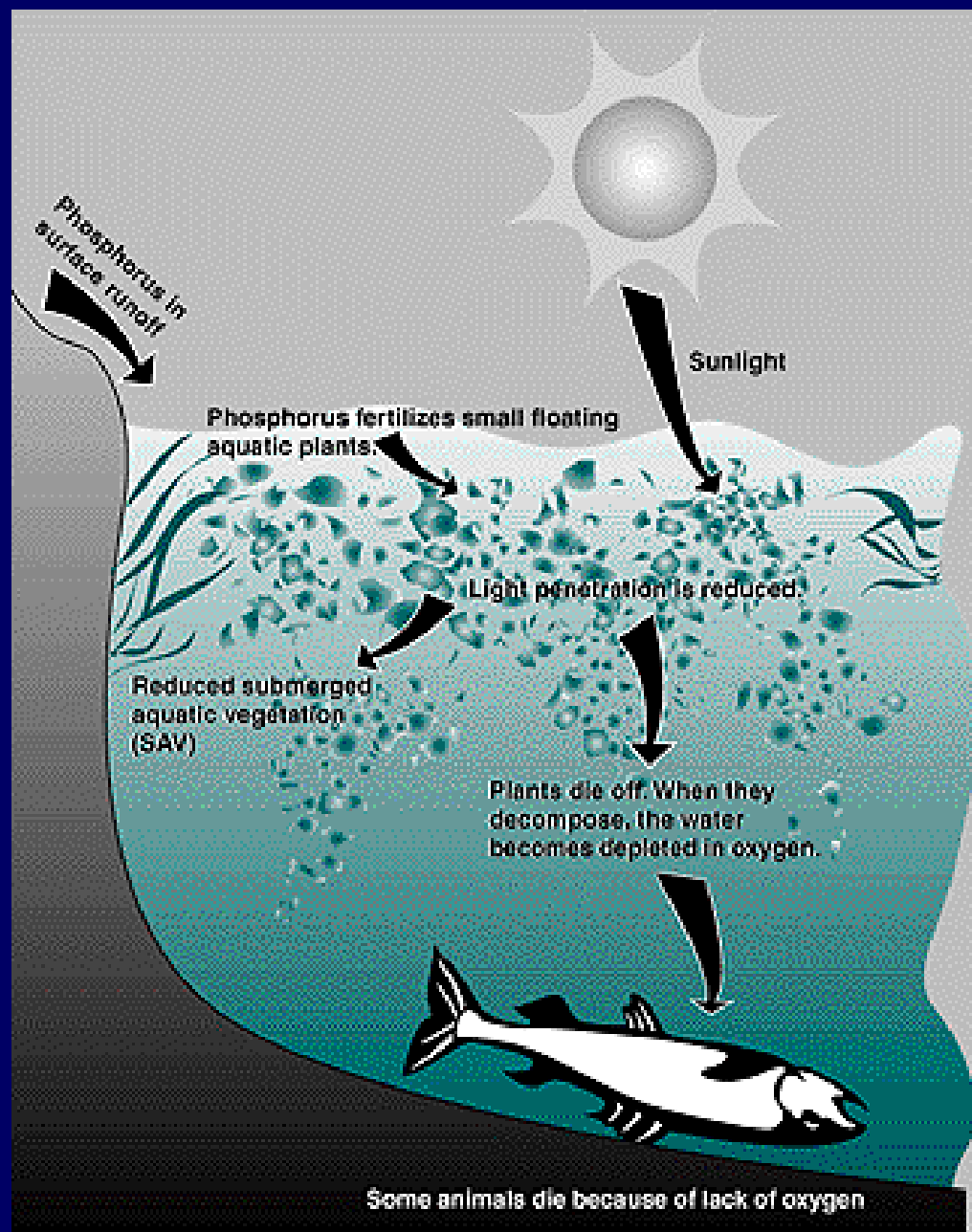


Eutrofikacija

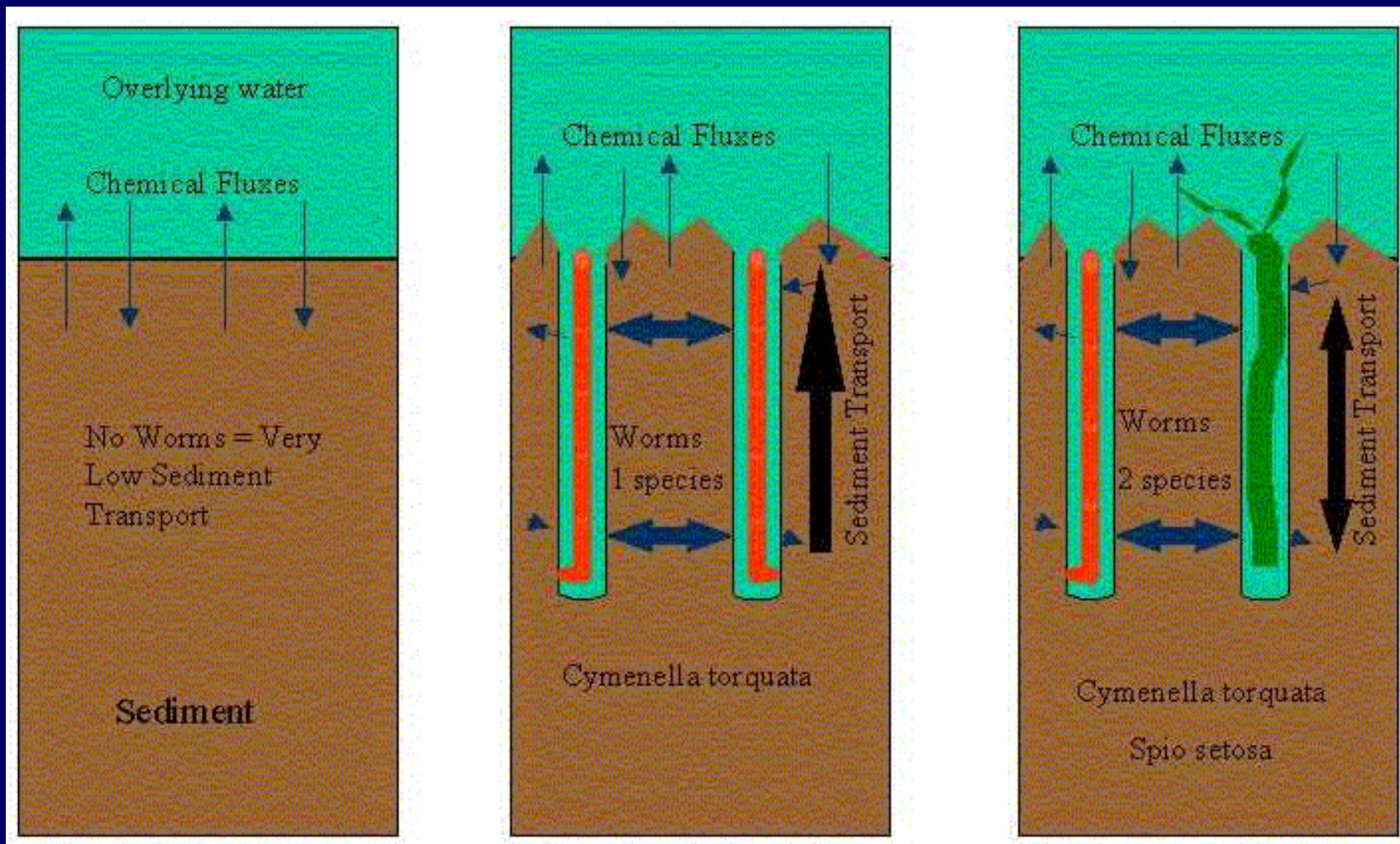
(obogaćivanje morskog okoliša hranjivima) ima za posljedicu pad koncentracije kisika u pridnenim slojevima što može uzrokovati pomor morskih organizama

Anoksija je potpuno odsustvo kisika

Hipoksija je smanjenje koncentracije kisika ispod fizioloških potreba organizama



Prisustvo organizama u sedimentu (infauna) pomaže izmjeni tvari između sedimenta i morske vode



Prilagodbe morskih organizama na život u uvjetima sniženih koncentracija kisika



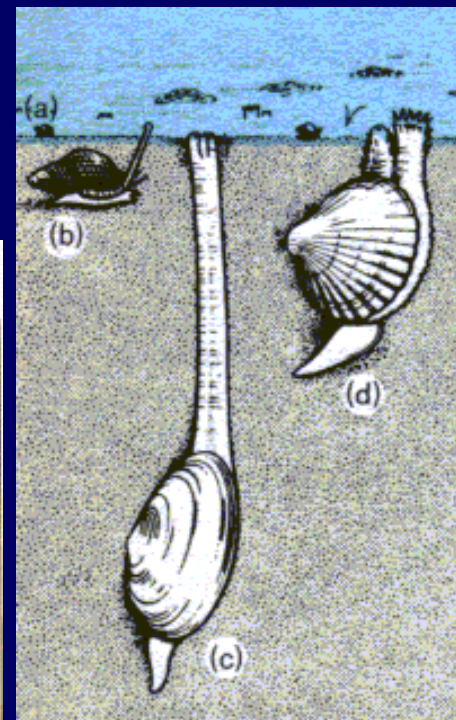
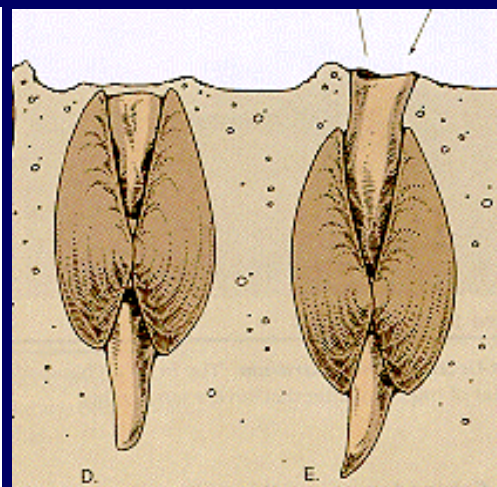
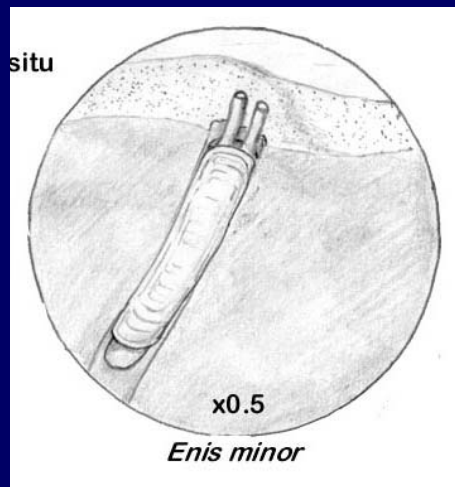
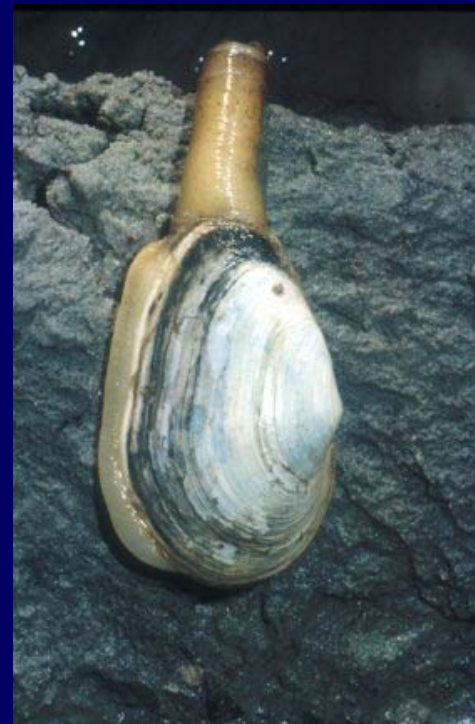
Drvotočac (*Teredo nivalis*) može preživjeti duže razdoblje bez kisika. Kao izvor kisika koristi glikogen koji čini do 50% njegove suhe težine.

Neke vrste kopepoda mogu biti 24 sata bez kisika, a neke vrste Nematoda i do mjesec dana.



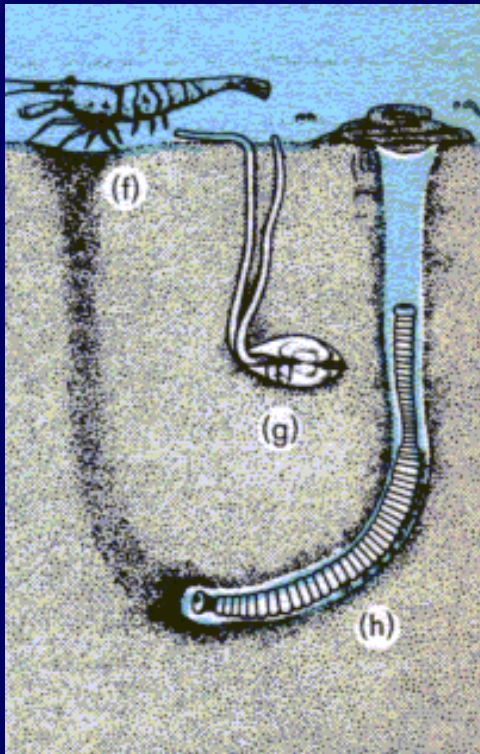
Prilagodbe morskih organizama na život u uvjetima sniženih koncentracija kisika

Mnogi školjkaši koji žive zakopani u anoksičnim sedimentima održavaju vezu s okolnim morem putem sifona i tulajica (npr. školjkaš *Syndosmya alba*)



Prilagodbe morskih organizama na život u uvjetima sniženih koncentracija kisika

Polihet *Arenicola marina* koji gradi u sedimentu cijevi U-oblika. Nedostatak kisika nadoknađuje na način da s površine dovlači mjehuriće zraka i njima prekriva škrge



Velika množina biljaka (npr. livade morskih cvjetnica ili slane močvare) stvaraju tijekom dana dosta kisika, ali ga tijekom noći jako i troše što može biti nepovoljno za životinje.

U livadama *Zostere* zasićenje kisikom u 15 sati može biti i do 260%, dok u 5 sati ujutro može pasti na nulu

U slanim močvarama zasićenje kisikom može danju iznositi od 180-200%, dok noću može pasti na 40-80%

Zostera marina

© Peter Dyrinda

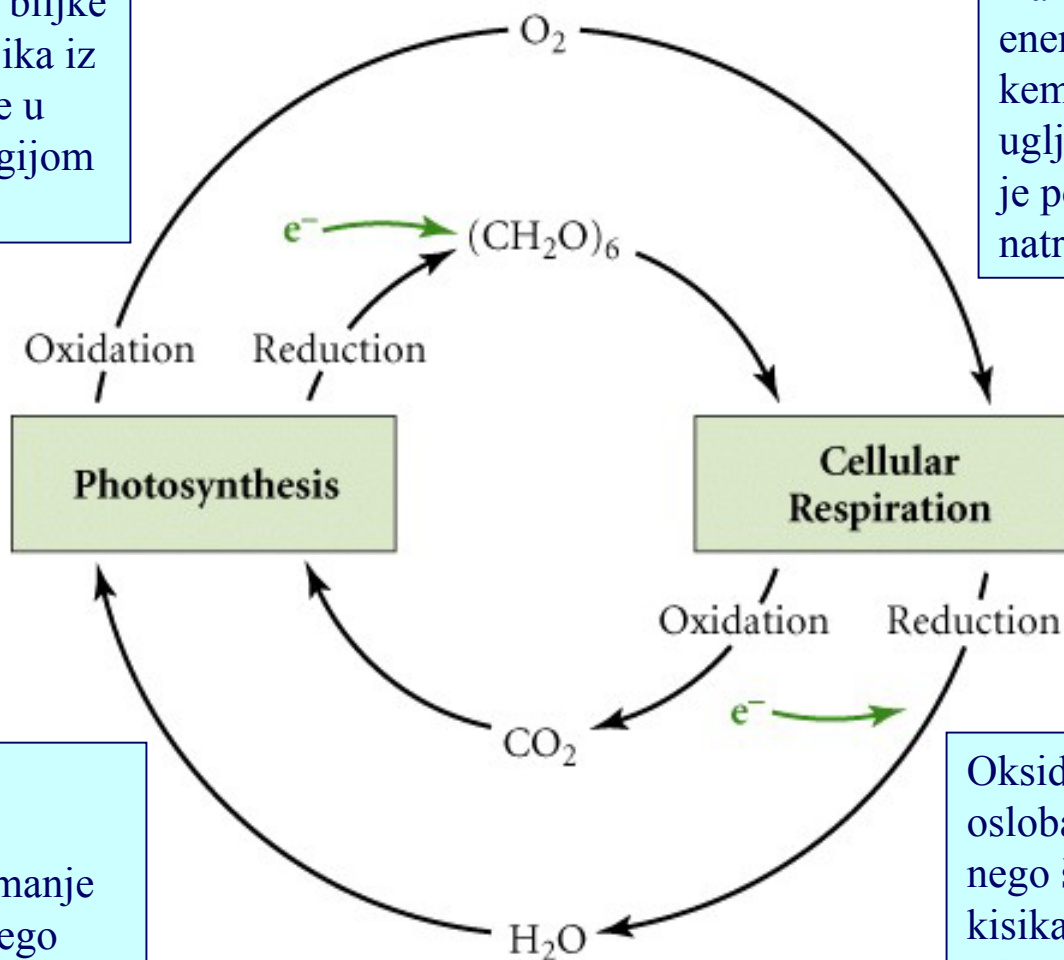


Slana močvara

Većina energetske transformacije u biološkim sustavima temelji se na kemiji ugljika i kisika

Tijekom fotosinteze biljke reduciraju atom ugljika iz CO_2 koji se ugrađuje u spojeve bogate energijom (ugljikohidrate)

Da bi se oslobodila energija pohranjena u kemijskim vezama u ugljikohidratima, ugljik je potrebno oksidirati natrag u CO_2



Redukcija kisika je termodinamički favorizirana (traži manje ulaganje energije nego redukcija ugljika)

Oksidacija ugljika oslobađa više energije nego što je redukcija kisika traži (zato je kisik tako dobar oksidans)

Opskrba kisikom može biti kritična kod životinja u vodenim okolišima

- Raspoloživost kisika u okolišu može ograničiti metaboličku aktivnost
- To se pogotovo odnosi na vodene okoliše zbog niske topljivosti i spore difuzije kisika
- Organizmi koriste različite metode opskrbe kisikom

Mehanizmi opskrbe kisikom

PROBLEM	RJEŠENJE	ORGANIZMI
Kod malih ili neaktivnih organizama nema problema	Kisik se dobiva putem difuzije kroz stanicu (efikasno do 1 mm)	Praživotinje, spužve, žarnjaci
Difuzijska udaljenost od površine do središta tijela je prevelika (veliki org.)	Cirkulacijski sustav pumpa tekućinu od površine prema središtu	Široko rasprostranjeno: - otvoreni krvotok - zatvoreni krvotok
Topljivost kisika u vodi ograničava njegov transport putem cirkulacijskih tekućina	Ugradnja proteina koji vezuju kisik u krvi (npr. hemoglobin)	Hemoglobin je široko rasprostranjen kod kralježnjaka. Kod beskralježnjaka drugi pigmenti
Visoka koncentracija proteina povećava osmotsku vrijednost krvi	Respiratorni proteini su čvrsto pakovani u crvenim krvnim stanicama (eritrociti)	Svi kralježnjaci, neki mekušci i bodljikaši

Respiratorni pigmenti

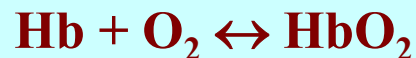
- KRALJEŽNJACI – **hemoglobin**
- BESKRALJEŽNJACI
 - Srodni hemoglobinu (sadrže porfirin)
 - **Eritrokrutorin**
 - **Klorokrutorin**
 - Pigmenti koji ne sadrže porfirin
 - **Hemocijanin**
 - **Hemoeritrin**

Oksiforična sposobnost

- Oksiforična sposobnost je sposobnost određene količine krvi da veže određenu količinu kisika
- Kod aktivnih životinja je ta vrijednost visoka (npr. kod skuše iznosi 16-19.5 ml kisika/100 ml krvi)
- Kod slabo pokretnih životinja je ta vrijednost znatno manja (npr. kod hlapa iznosi svega 1 ml kisika/100 ml krvi)

Kapacitet hemoglobina za vezivanjem kisika uravnotežuje raspoloživost i potrebe za kisikom

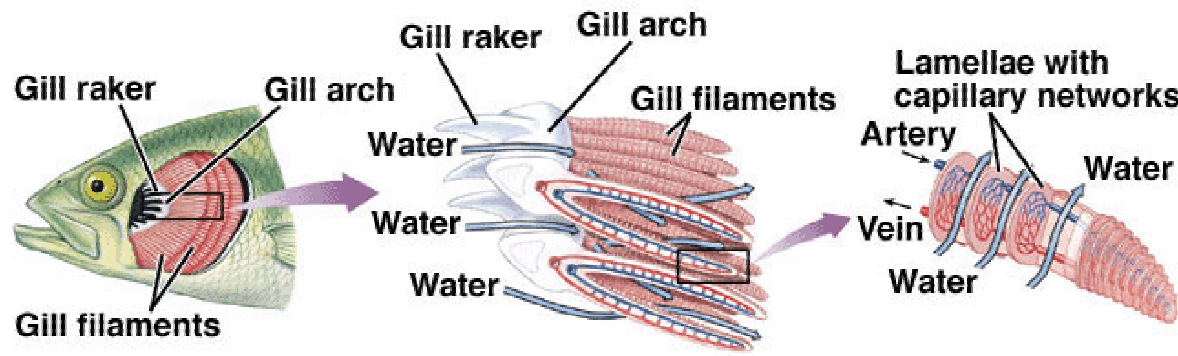
- Respiratorni pigmenti moraju lako vezati kisik na respiratornim površinama, zatim ga čvrsto držati, te ga lako osloboditi u tkivima
- Kompromis između funkcija vezivanja i oslobađanja kisika najbolje je izražen preko krivulje disocijacije kisika koja prikazuje količinu kisika vezanog za hemoglobin (izraženo kao % od maksimalno moguće) kao funkciju koncentracije kisika u krvnoj plazmi
- Postotak vezanog i nevezanog kisika dostiže ravnotežu koja je opisana jednačinom:



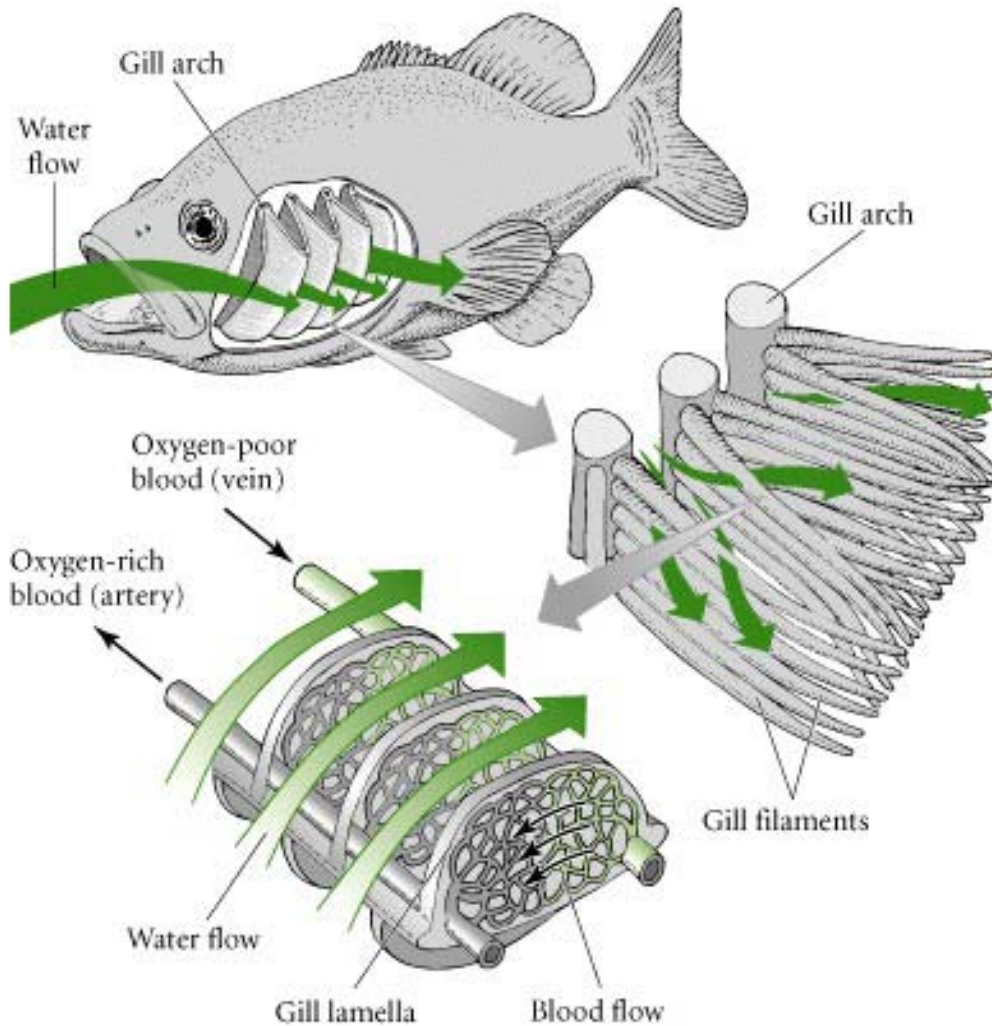
- Kako kisik difundira u krv ravnoteža se pomiće prema desno; kako tkiva troše kisik iz krvi tako se ravnoteža pomiće prema lijevo i kisik se oslobađa iz oksihemoglobinskog kompleksa

Prilagodbe organizama za opskrbu kisikom ovisno o koncentraciji kisika u okolišu kao i o njihovim potrebama za kisikom

- Male životinje imaju velike potrebe za kisikom pa je kod njih krivulja disocijacije pomaknuta u desno
- Kod embrija sisavca je krivulja disocijacije pomaknuta u desno u odnosu na njihove majke
- Količina hemoglobina u krvi se može podesiti:
 - Aktivna riba poput skuše ima ukupni kapacitet vezivanja kisika 16% u odnosu na 5% kod neaktivnih slabo pokretnih organizama
 - Nakon nekoliko tjedana provedenih na visini od 5000 m nosivi kapacitet kisika u krvi čovjeka se poveća s 21 vol% na 25 vol%, dok kod lokalnog stanovništva iznosi 30%
- Važne prilagodbe su također: veličina pluća, brzina i volumen udisaja, veličina srca, brzina i volumen protoka krvi, gustoća kapilara

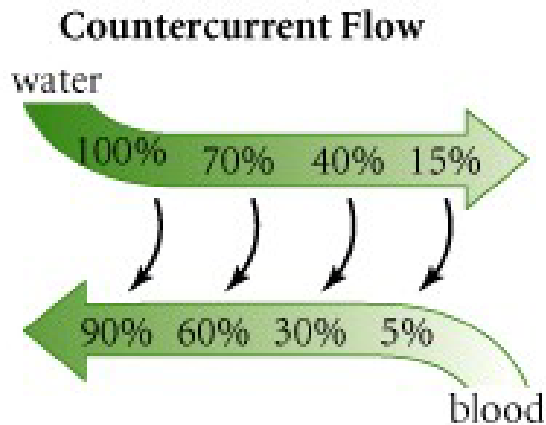


Struktura škrga kod riba

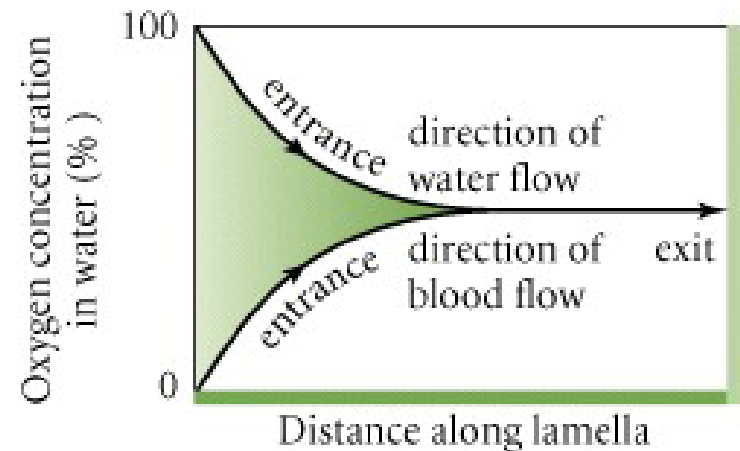
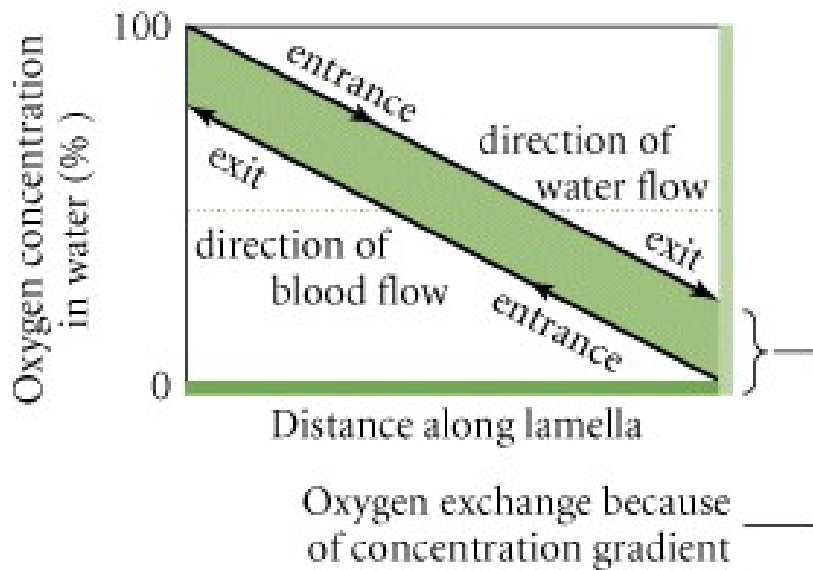
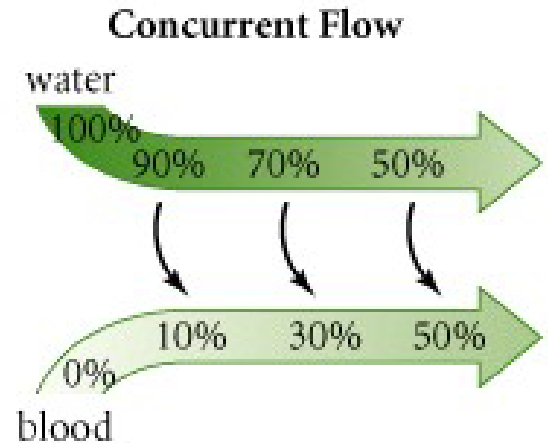


Protustrujna
cirkulacija kod riba
omogućava bolju
opskrbu kisikom

Protustrujna cirkulacija



Protustrujna cirkulacija osigurava stalni gradijent kisika (difuziju kisika iz vode u krv)



Ugljični dioksid

- Ugljični dioksid je produkt respiracije biljaka i životinja
- Nephodan je za fotosintezu (rijetko je ograničavajući faktor za fotosintezu)
- Važan je raspoloživost CaCO_3 u moru (taloženje se bilje odvija kod visoke temperature, visokog saliniteta i niske koncentracije CO_2)
 - TROPSKE VODE – CaCO_3 se lako taloži, što rezultira velikim udjelom organizama s ljušturama od vapnenca
 - DUBOKE VODE – karakterizira ih niska temperatura, visoka koncentracija CO_2 i visoki tlak što ima za rezultat veliku topljivost CaCO_3 . Posljedica toga je redukcija skeletnih struktura kod dubinskih organizama

Sumporovodik

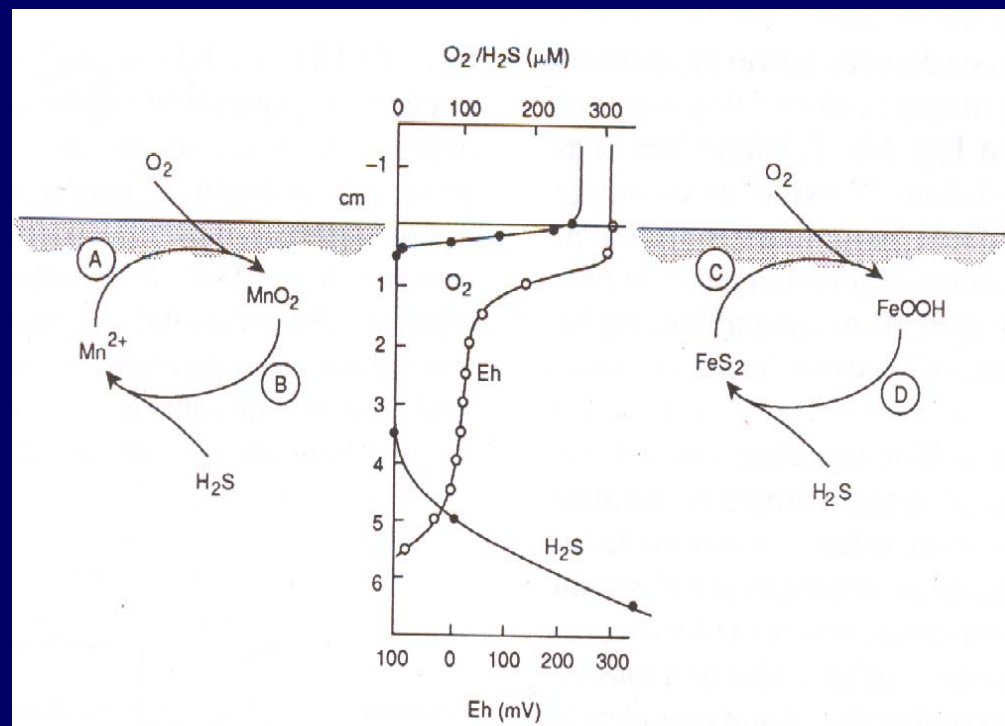
- H_2S je toksičan za većinu organizama, pa su vode bogate sumporovodikom vrlo siromašne životom (osim bakterija gotovo da nema drugog života)
- Morski sediment je često anoksičan i sadrži H_2S (crni mulj)
 - Organizmi koji žive u takvom sedimentu održavaju kontakt s vodom iznad sedimenta, ili oblažu svoje cijevi mukusom koji sprječava difuziju sumporovodika iz mulja u cijevi

Vertikalni profili O₂, H₂S i Eh u obalnom morskom sedimentu

Aerobni mikroorganizmi

Mikroaerofili

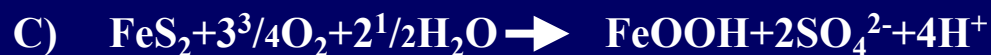
Anaerobni mikroorganizmi



Oksična zona

Suboksična zona
(mikrooksična)

Anoksična zona

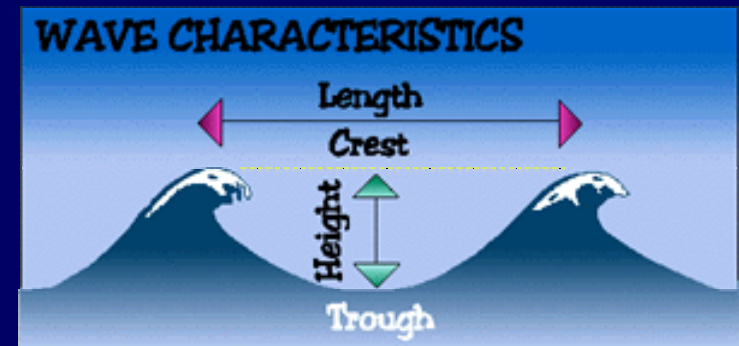


GIBANJA MORA



- 1. Valovi**
- 2. Morske struje**
- 3. Morska doba**

1. Valovi – povremena gibanja mora



- Utjecaj valova osjeća se sve do ruba kontinentalnog šelfa (pomicanje sedimenata), ali najznačajniji utjecaj na organizme imaju u zoni plime i oseke
- Njihov se utjecaj na organizme manifestira na dva načina:
 - Izravan fizički utjecaj valova na organizme
 - Modifikacija vertikalne razdiobe stepenica
 - Pomicanje donje i gornje granice pojedine stepenice
 - Promjene širine stepenica (supralitoral, mediolitoral)

Snaga valova može biti razorna

- Primjeri snage valova zabilježeni u literaturi:
 - Val visine 3 m i dužine 30 m udara snagom od 8200 kg m^{-2}
 - Val visine 13 m i dužine 150 m udara snagom od 30 t m^{-2}
 - Kamen težak 75 t smješten 6 m iznad morske razine pomaknut je snagom valova za 22 m
 - Blok težak 20 t vertikalno je pomaknut 3.7 m
 - Kamen težak 61 kg bačen je 30 m daleko



Prilagodbe organizama

- Čvrsta građa vanjskih skeleta
- Spljoštenost ljuštura (plosnatije kućice priljepaka na izloženijim obalama)
- Mekana tijela koja se ne opiru valovima
 - Otpornost nekih alga na trganje:
 - *Fucus vesiculosus* - 45.5 kg cm²
 - *Fucus serratus* – 40.8 kg cm²
 - *Ascophyllum nodosum* – 37.6 kg cm²



Negativni utjecaji valova

- Abrazivno djelovanje zrnaca pijeska na stijenama
- Kotrljanje šljunka i manjeg kamenja
- Oštećivanje i zatrpavanje organizama
- Skraćivanje vremena hranjenja
- Smanjenje prodora svjetla (difuzija na mjehurićima zraka)



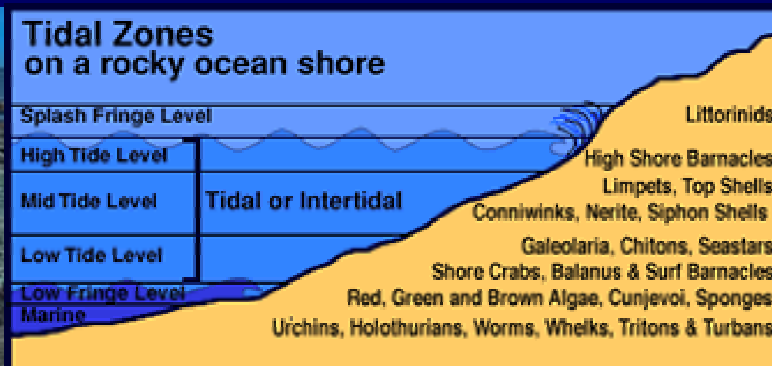
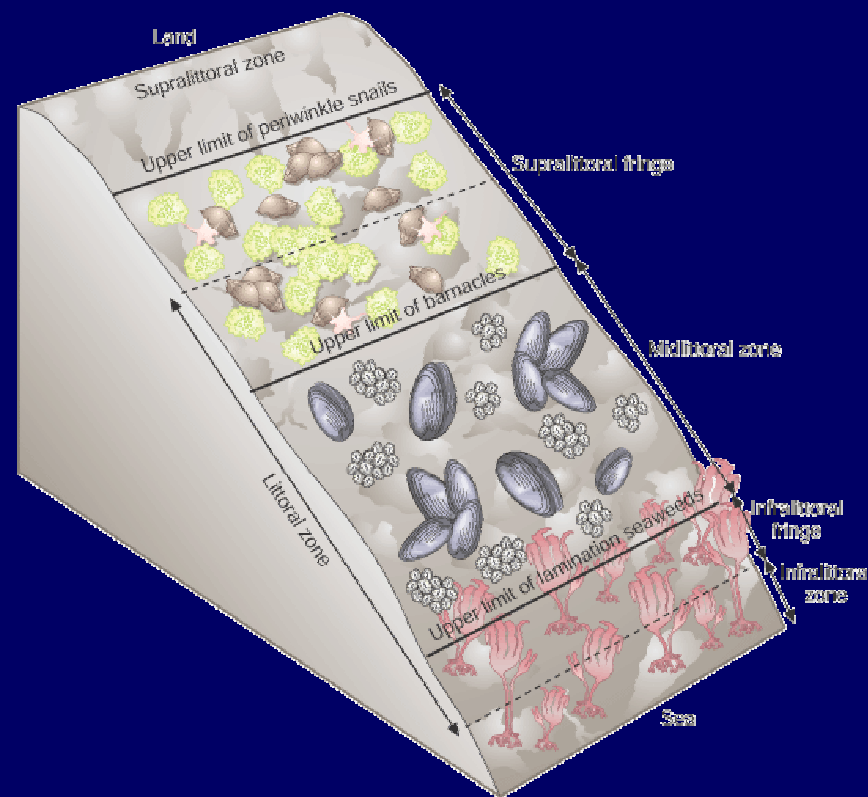
Pozitivni utjecaji valova

- Bolja opskrba hranom filtratora
- Veća produktivnost izloženih obala (100-200%)
- Bolje otapanje i miješanje atmosferskih plinova
- Bolje vertikalno miješanje vodenog stupca (donos hranjiva, sprječavanje prezagrijavnja površinskog sloja)



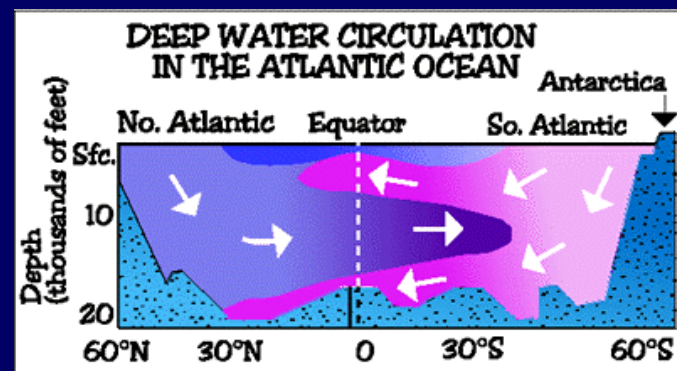
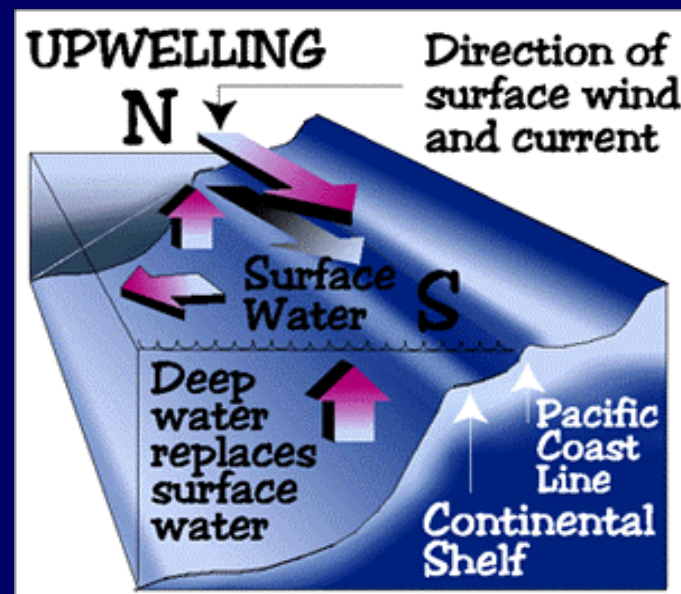
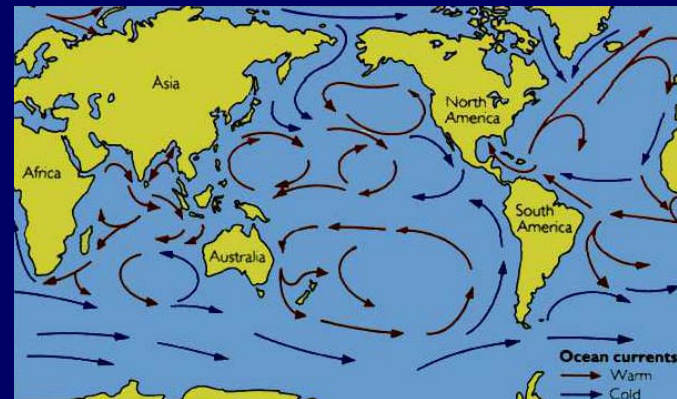
Modifikacija vertikalne razdiobe stepenica

- Na izloženim obalama valovi čine zonu plime i oseke vlažnom do više razine, što dovodi do modifikacije vertikalne razdiobe stepenica



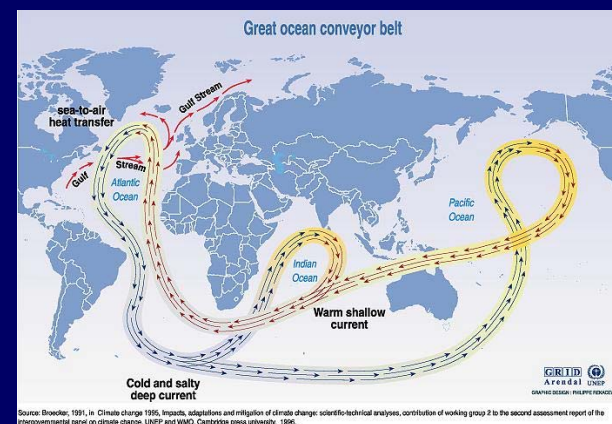
2. Morske struje – stalna gibanja mora

- Morske struje su rezultat kombiniranog djelovanja vjetra, temperature i saliniteta
- Struje mogu biti:
 - Horizontalne i vertikalne
 - Površinske i dubinske (pridnene)
 - Plimne
 - Kompenzacijske



Utjecaj struja na morske organizme

- Iako poput valova i struje djeluju na gibanje čestica u moru, njihovi se utjecaji razlikuju:
 - Struje u pravilu ne utječu na prodor svjetla u more (osim ako podižu sediment)
 - Struje ne modificiraju zonaciju u području plime i oseke
 - Struje nemaju takvu snagu kojom bi mogle oštetiti organizme



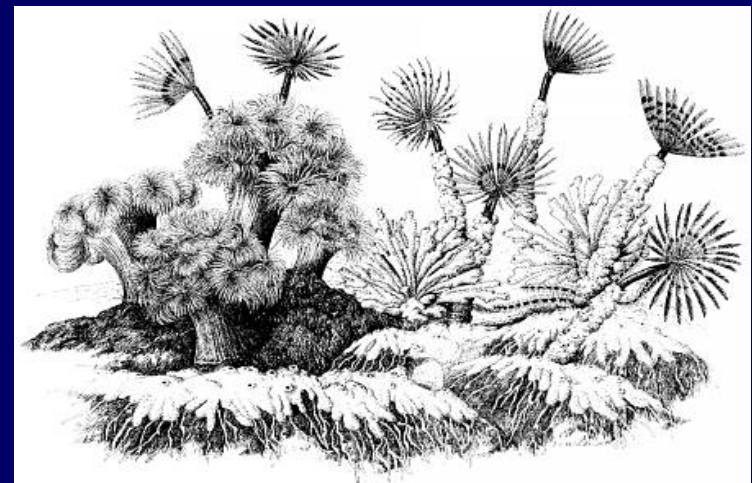
Utjecaj struja na morske organizme

- Negativni utjecaji struja
 - Pridnene struje mogu podizati sediment što za posljedicu može imati:
 - Abraziju stijena
 - Zatrpavanje organizama
 - Sprječavanje prihvaćanja ličinki

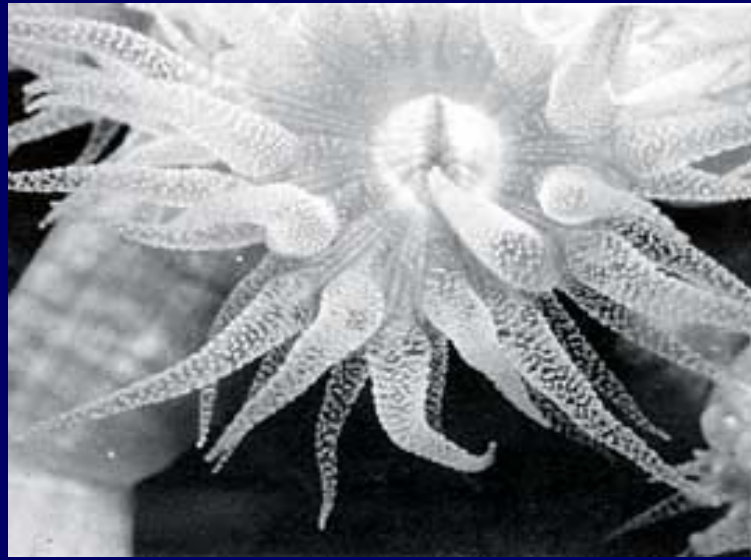
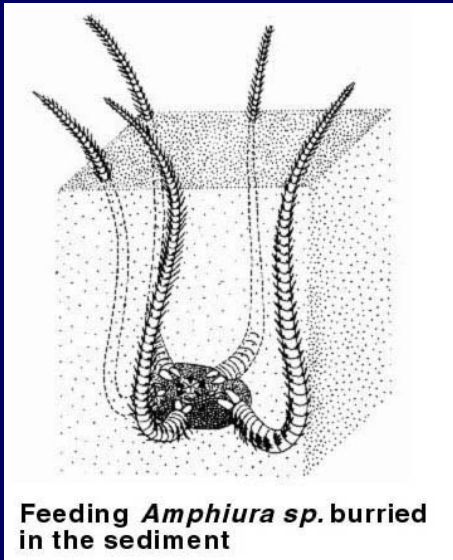
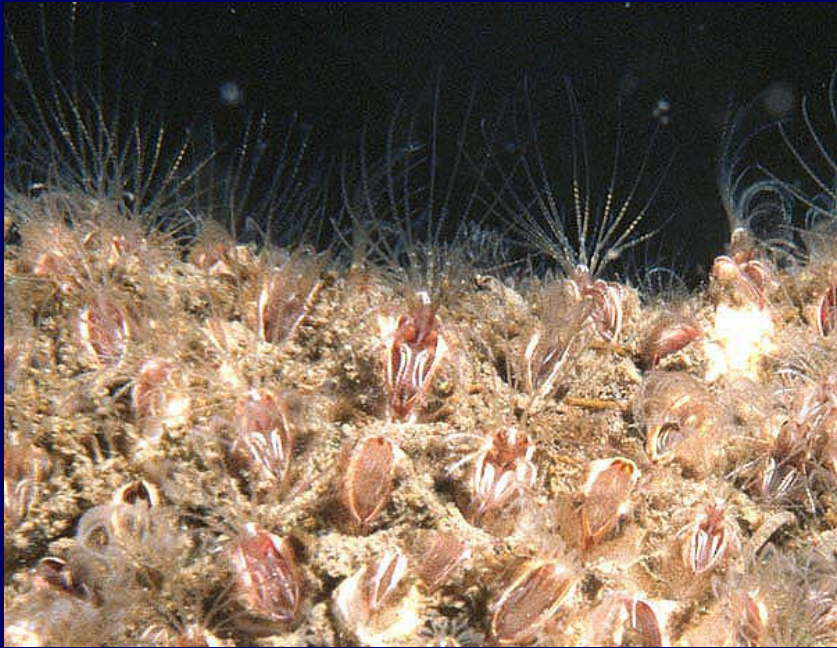


Utjecaj struja na morske organizme

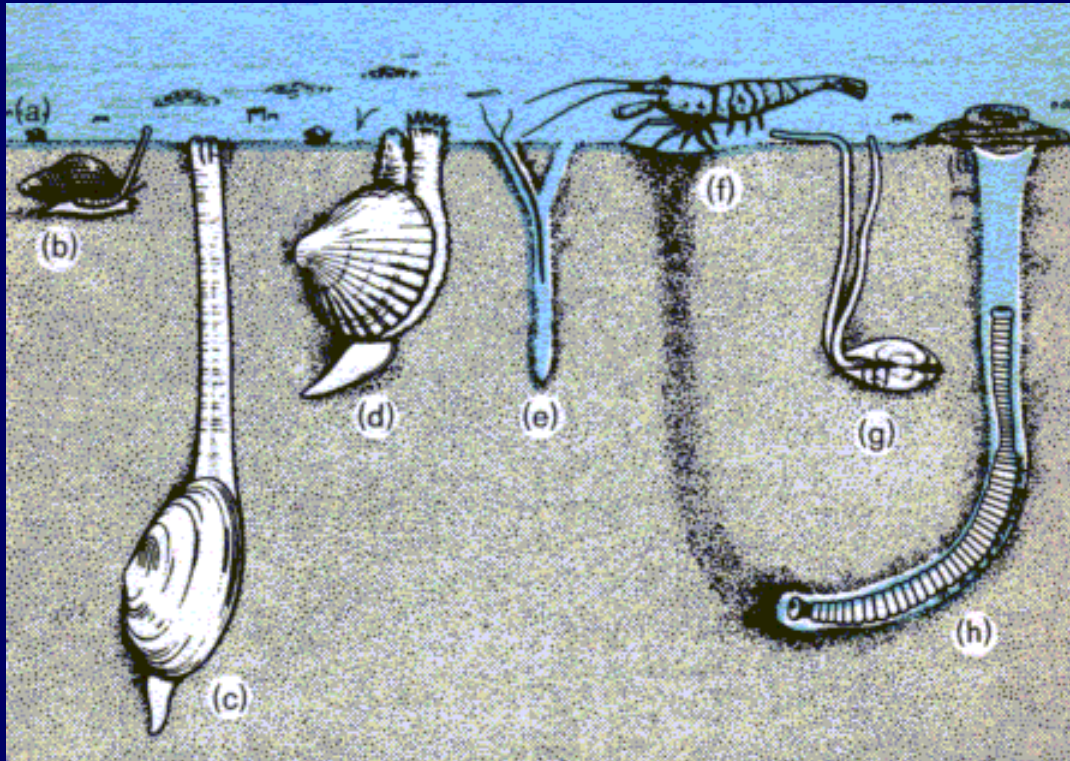
- Pozitivni utjecaji struja
 - Strujanje je neophodno za život mnogih bentoskih organizama, osobito filtratora i osobito nepokretnih organizama:
 - Struje donose hranjive čestice
 - Kod organizama koji kopaju tunele u sedimentu struje donose kisik i hranjiva, a odnose ugljični dioksid i produkte ekskrecije



Struje su važne za filtratore

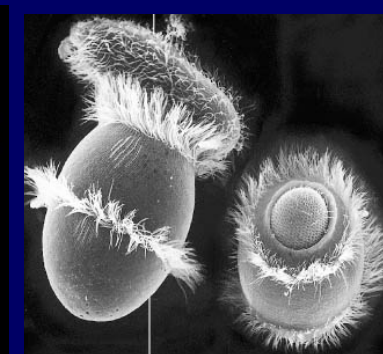
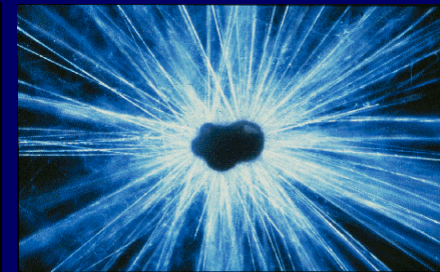


Struje su važne za endobionte (infaunu) jer pomažu izmjeni plinova, hrane i metabolita u njihovim nastambama



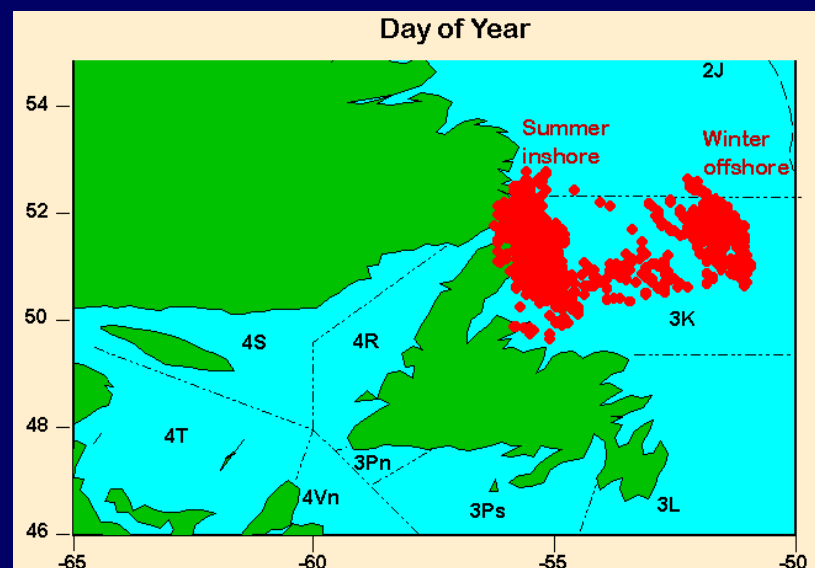
Utjecaj struja na morske organizme

- Pozitivni utjecaji struja
 - Struje igraju značajnu ulogu u rasprostranjenju planktonskih organizama i ličinki
 - *Bipolarnost* nekih vrsta (prisutnost u vodama oko obaju polova) rezultat je dubinskih strujanja od sjeverne polutke prema južnoj



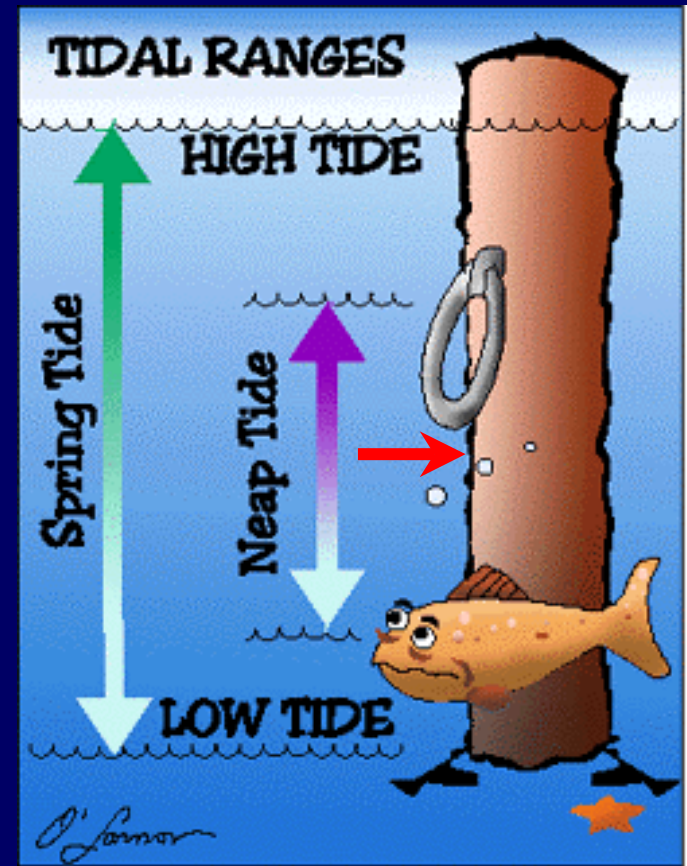
Utjecaj struja na morske organizme

- Pozitivni utjecaji struja
 - Struje su značajne za migracije riba
 - Haringa migrira od sjevera prema jugu prateći struje (*bočna pruga* – osjetilo kod riba za strujanje vode)
 - Pomicanje tople atlantske vode prema sjeveru uzrokuje pomicanje bakalara na sjever (*fenomen transgresije*)



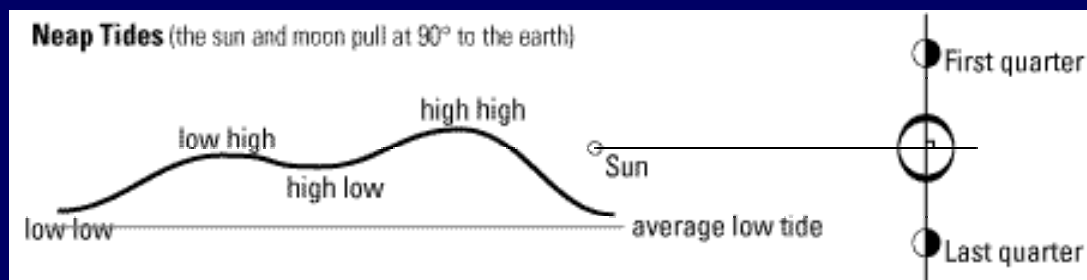
3. Morska doba – periodička gibanja mora

- S obzirom na djelovanje morskih doba, u području plime i oseke razlikujemo sljedeće razine mora:
 - Srednja razina plime velikih morskih doba (*Spring-tides*)
 - Srednja razina plime malih morskih doba (*Neap-tides*)
 - Srednja razina mora
 - Srednja razina oseke malih morskih doba
 - Srednja razina oseke velikih morskih doba



Utjecaj morskih doba na organizme

- Jedan od glavnih načina na koje morska doba djeluju na organizme u zoni plime i oseke je trajanje razdoblja uronjenosti/izronjenosti pojedine razine obale u ovoj zoni

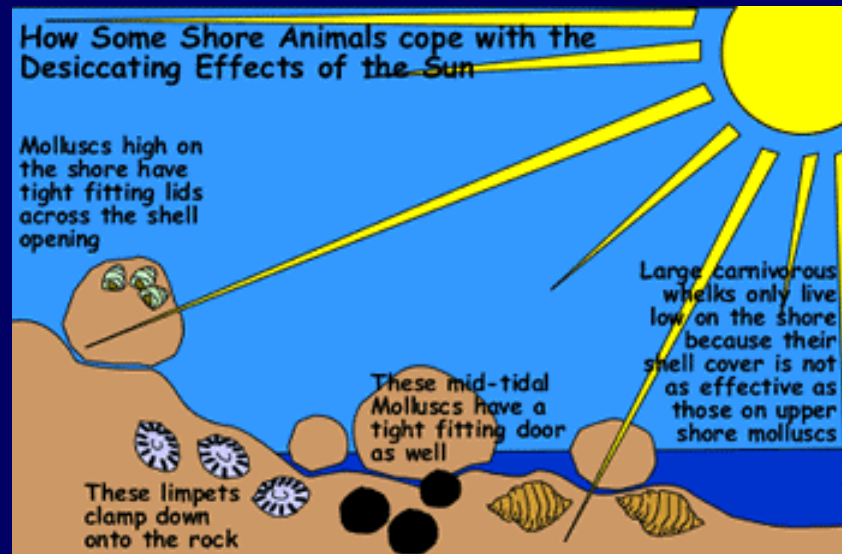


- Time se kontrolira trajanje nepovoljnih (*insolacija* i *isušivanje*) i povoljnih razdoblja (*prehrana*)



Utjecaj morskih doba na organizme

- Prilagodbe organizama protiv isušivanja
 - Izlučivanje sluzi koja sadrži dosta vlage tijekom perioda izronjenosti (mnoge alge; npr. *Fucus virsoides*)
 - Stvaranje gustih nakupina organizama
 - Posebno građene ljušture koje hermetički zatvaraju organizam (npr. dagnja *Mytillus*, puž *Patella*, rakovi vitičari *Balanus* itd.)
 - Pokretne životinje se premještaju



M. Šolić: Ekologija mora

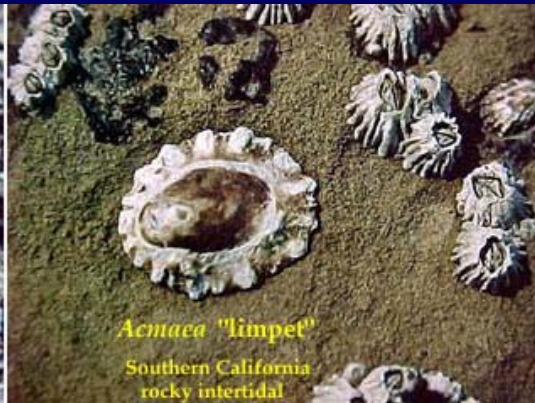


© Peter D'yryda



"giant keyhole limpet"

Megathura crenulata



Acmaea "limpet"
Southern California
rocky intertidal



Utjecaj morskih doba na organizme

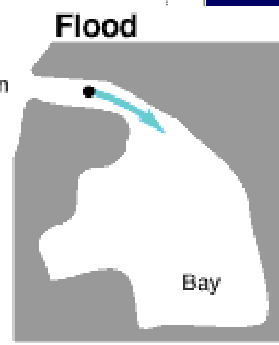
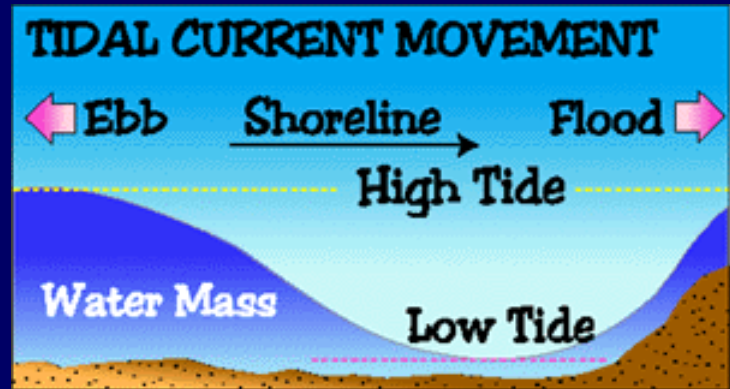
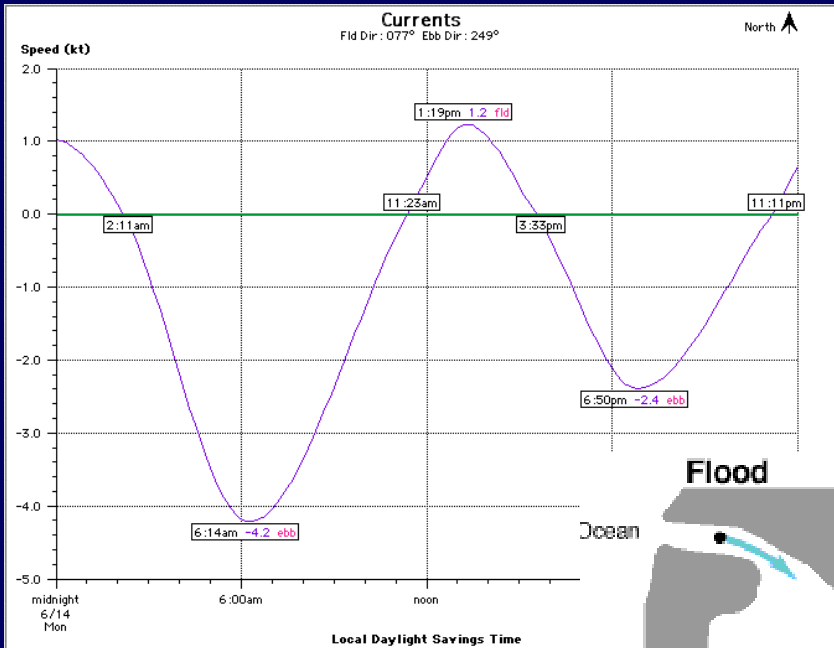
- **Plimne struje**

- Uslijed izmjene morskih doba nastaju plimne struje koje periodički idu prema i od obale
- Ove su struje važne za organizme iz dva razloga:

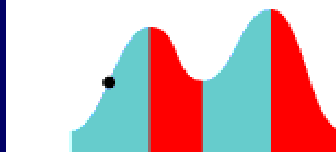
- Poput valova donose hranjiva filtratorima i algama
- Važne su za rasprostranjenje organizama, jer ih raznose u dva pravca (osobito važno kod estuarskih organizama)



Utjecaj morskih doba na organizme

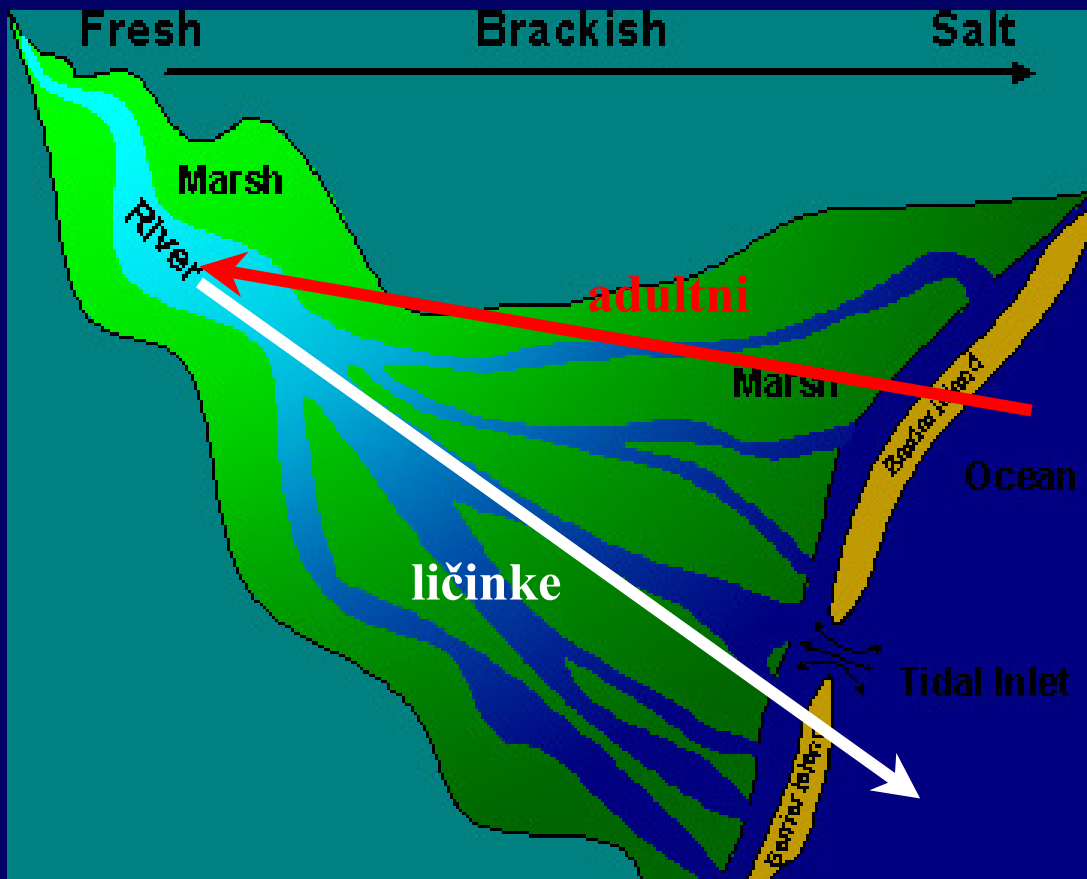


Plimne struje



Utjecaj morskih doba na organizme

Plimne struje



Plimne struje u estuarskim područjima transportiraju ličinke iz slatke vode u morsku gdje provode neke vrijeme u hranjenju, a potom se ponovo putem plimnih struja vraćaju u rijeku gdje nastavljaju svoj adultni život

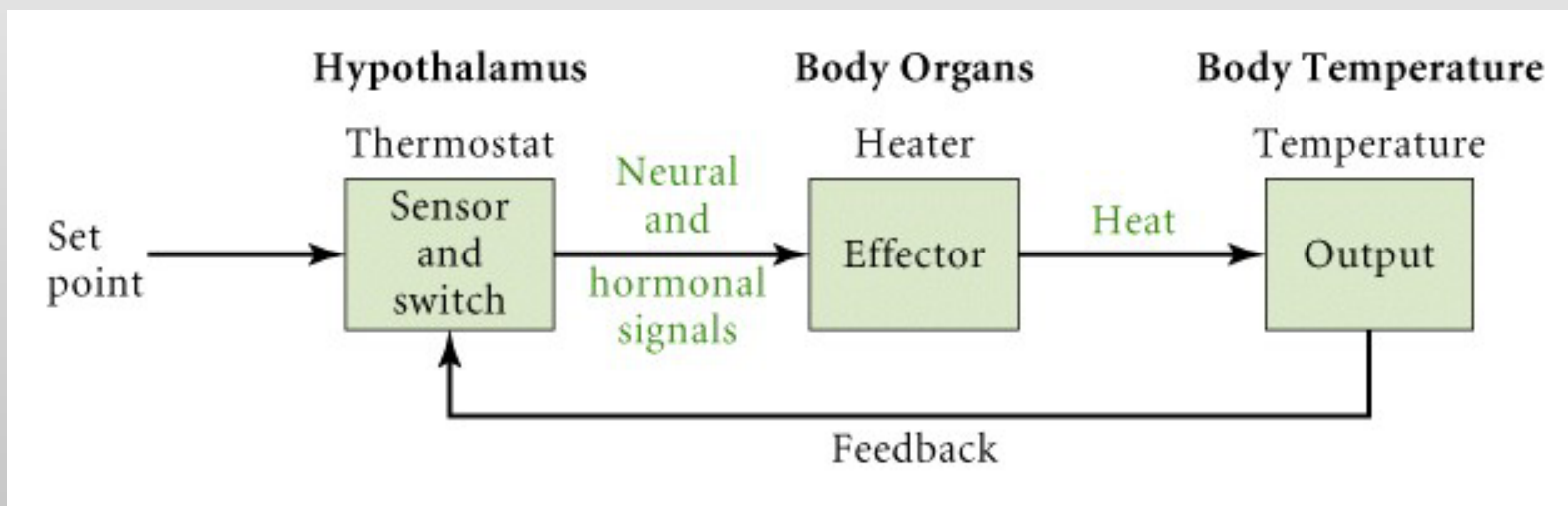
ODGOVORI ORGANIZAMA NA VARIJACIJE U OKOLIŠU

Odgovori organizama na varijacije okoliša

- Preživljavanje svake jedinice ovisi o njenoj sposobnosti da se nosi s promjenama u okolišu
- Svjesni smo nekih odgovora našeg tijela na promjene u okolišu (znojenje, drhtanje na hladnoći, tamnjenje kože ljeti itd.)
- Organizam odgovara na promjene u okolišu s ciljem da održi unutrašnje uvjete na optimalnoj razini za funkcioniranje
- Odgovori organizama na promjene u okolišu mogu se promatrati s aspekta cijene i koristi (costs and benefits)

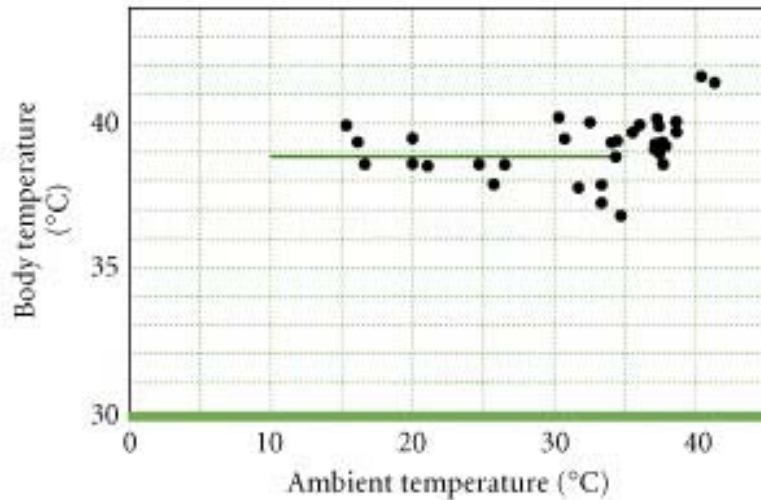
Homeostazija

- Homeostazija je sposobnost jedinice da održava konstantne unutrašnje uvjete, usprkos variranju vanjskog okoliša
- Sve homeostazije pokazuju svojstva negativnog povratnog mehanizma (feedback) (Primjer: rad termostata):

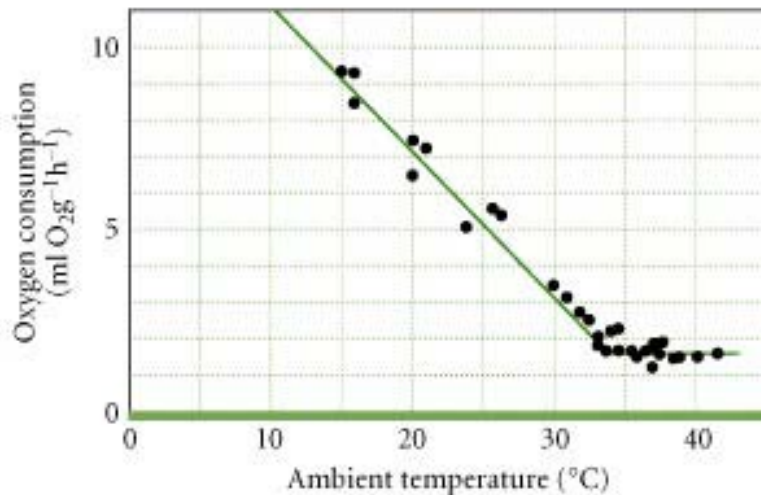


- Elementi negativnog feedback mehanizma su:
 - 1. Mehanizmi osjećanja unutrašnjih uvjeta u organizmu
 - 2. Mehanizmi uspoređivanja aktualnog internog stanja s željenim stanjem
 - 3. Mehanizam promjene internih uvjeta u pravcu željenih uvjeta

Homeostazija traži utrošak energije



Primjer: Održavanje konstantno visoke temperature kod sisavaca



Stopa metabolizma koja je potrebna za održavanje tjelesne temperature raste proporcionalno s razlikom tjelesne i ambijentalne temperature

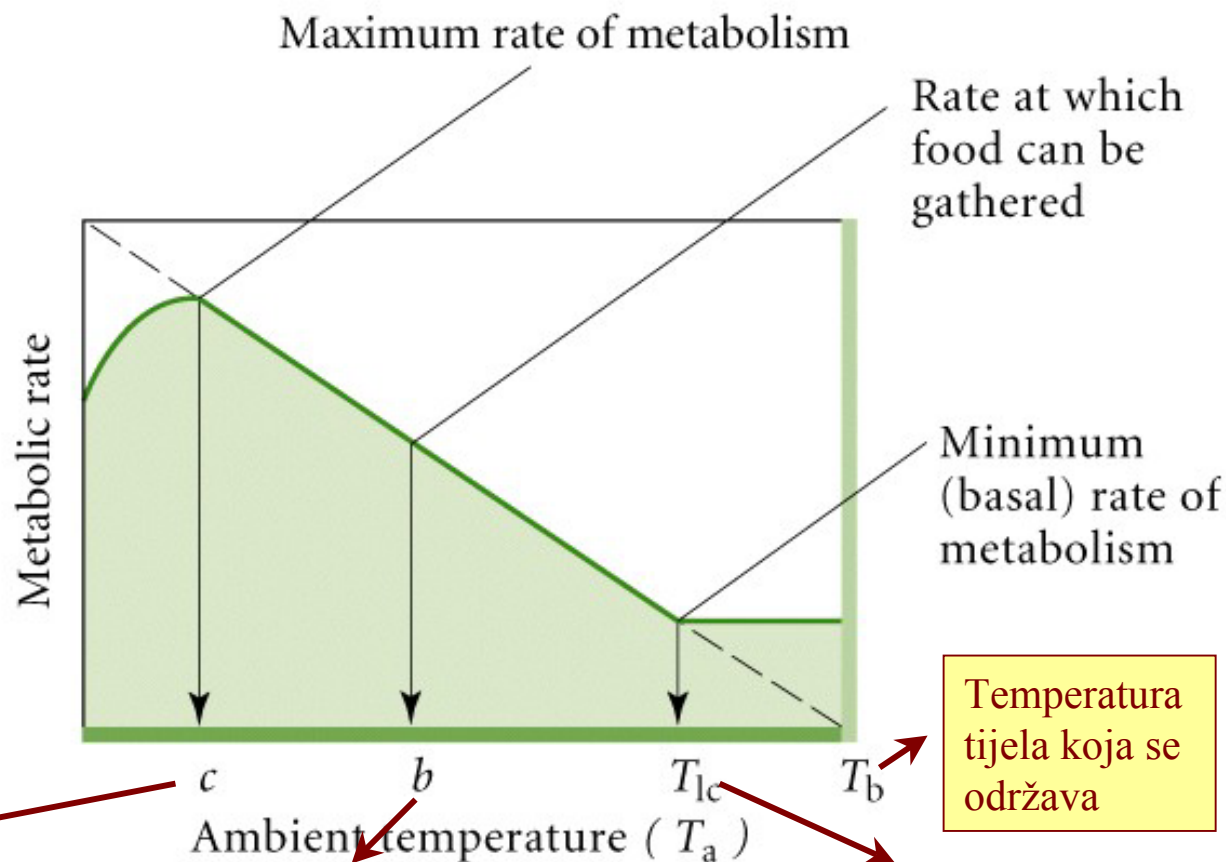
M. Šolić: Ekologija mora

Odnos između stope metabolizma i temperature u okolišu za homeoterme koji tjelesnu temperaturu održavaju na temperaturi T_b

Ispod točke c organizmi ugibaju ukoliko su duže izloženi

Između točaka c i b preživljavaju ali kroz kratko vrijeme i s negativnim energetske balansom

Iznad točke b je energetski balans pozitivan te organizmi preživljavaju neograničeno, a mogu obavljati i druge aktivnosti



Temperatura tijela koja se održava

Donja letalna temperatura (donja kritična fiziološka temperatura)

Najniža temperatura kod koje organizam može beskonačno održavati samog sebe (donja kritična ekološka temperatura)

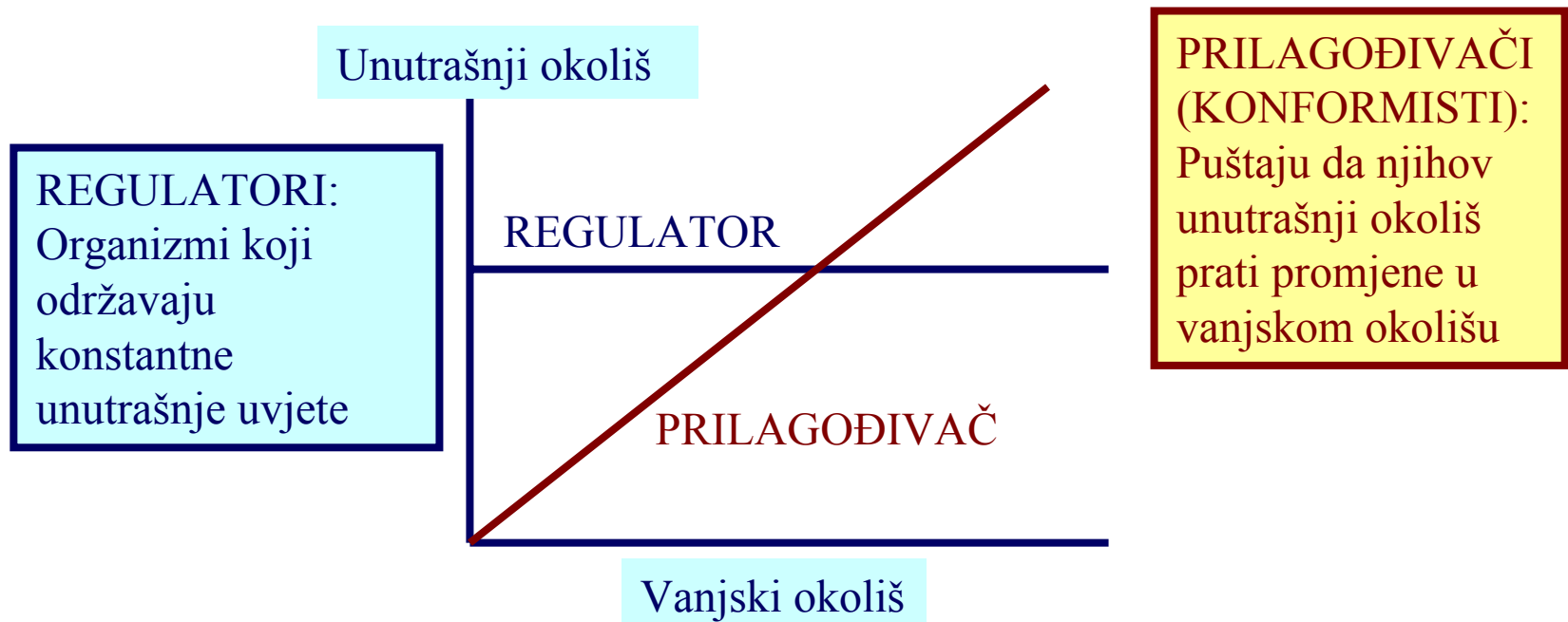
Donja kritična temperatura ispod koje se metabolizam mora povećati kako bi se održala temperatura tijela

Postoje različite vrste odgovora na promjene uvjeta u okolišu

- **1. REGULACIJSKI ODGOVORI**
- **2. AKLIMATIZACIJSKI (PRILAGOĐIVAČKI) ODGOVORI**
- **3. RAZVOJNI ODGOVORI**

REGULACIJSKI ODGOVORI

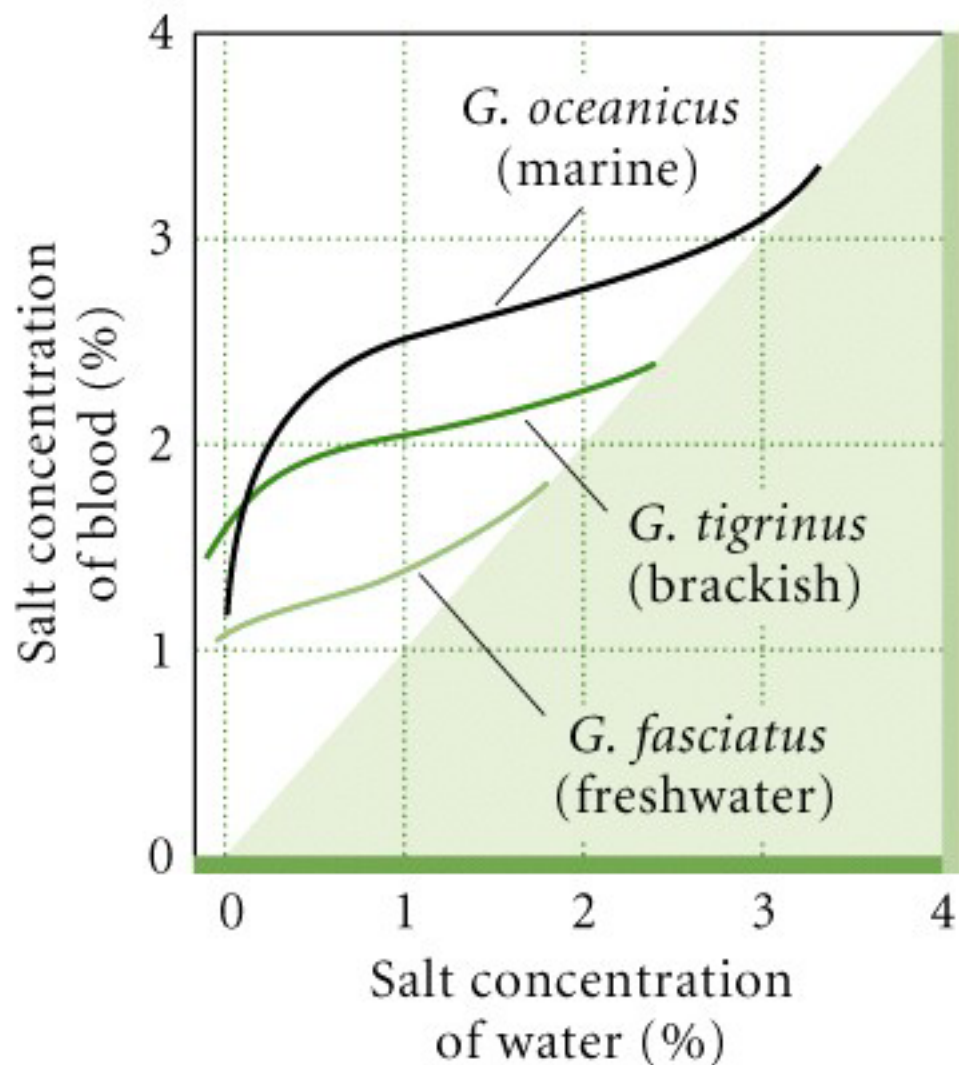
- Reverzibilni su i događaju se najbrže
- Uključuju promjene u brzini fizioloških procesa (npr. metabolizma), te promjene ponašanja
- Regulacijski odgovori ne zahtijevaju morfološke i biokemijske modifikacije



Malo je organizama koji su savršeni regulatori ili prilagođivači za sve faktore

- Žabe se prilagođavaju vanjskoj temperaturi, ali reguliraju koncentraciju soli u krvi
- Čak su i endotermi jednim dijelom temperaturni prilagođivači (nos i uši zimi)
- Organizmi katkada reguliraju unutrašnji okoliš unutar umjerenog raspona vanjskih uvjeta, dok se prilagođavaju kod ekstremnih uvjeta
- *Artemia salina* (račić koji živi u solanama) održava koncentraciju soli u tijelu ispod 3% čak i u otopini s koncentracijom soli od 30%

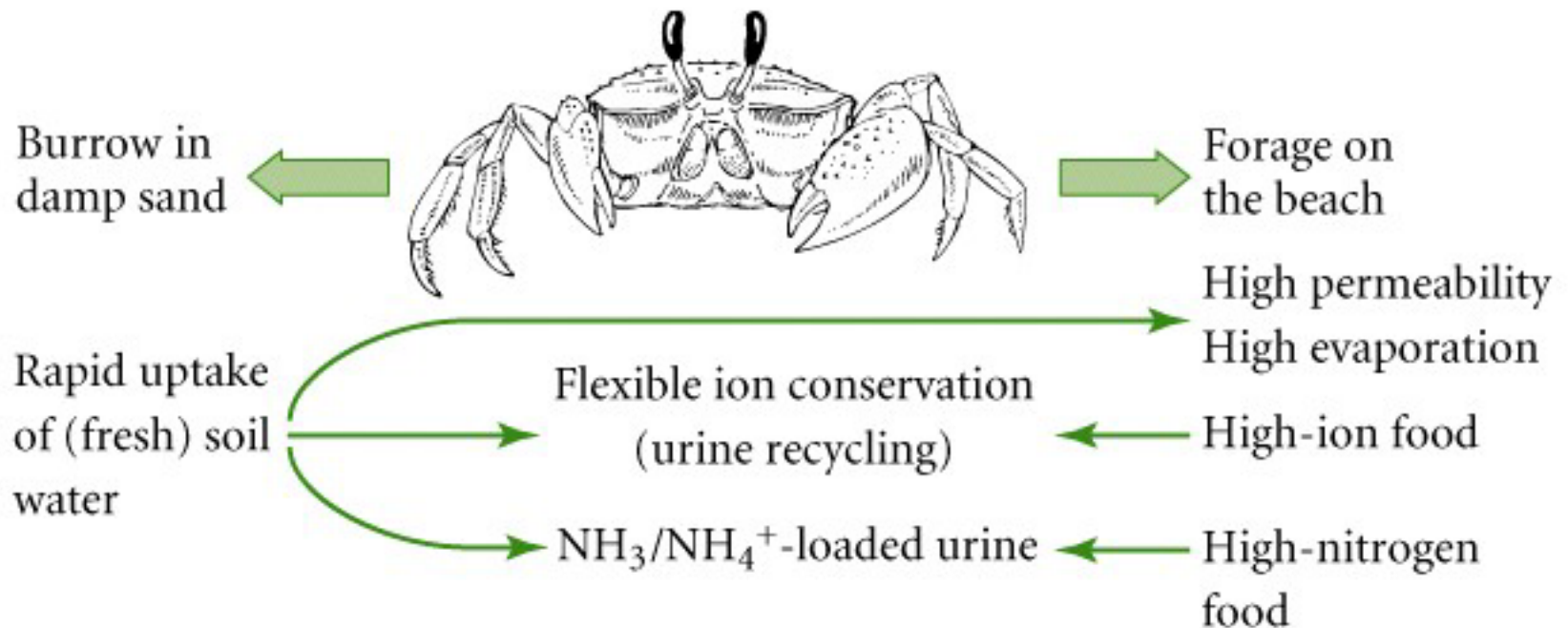
Koncentracije soli u krvi različitih vrsta račića iz roda *Gammarus* koji žive u različitim staništima, kao funkcija koncentracije soli u njihovom vanjskom okolišu



Račići reguliraju koncentraciju soli u svojim tjelesnim tekućinama kada se stave u vodu u kojoj je koncentracija soli niža od koncentracije soli u njihovoj krvi, ali se počinju prilagođavati kada su stavljeni u otopinu koja je slanija od njihove krvi.

Slatkovodni se račić počinje ranije prilagođavati od morskog jer je koncentracija soli u njegovom tijelu niža.

Održavanje ravnoteže soli i vode kod raka *Ocypode quadrata*

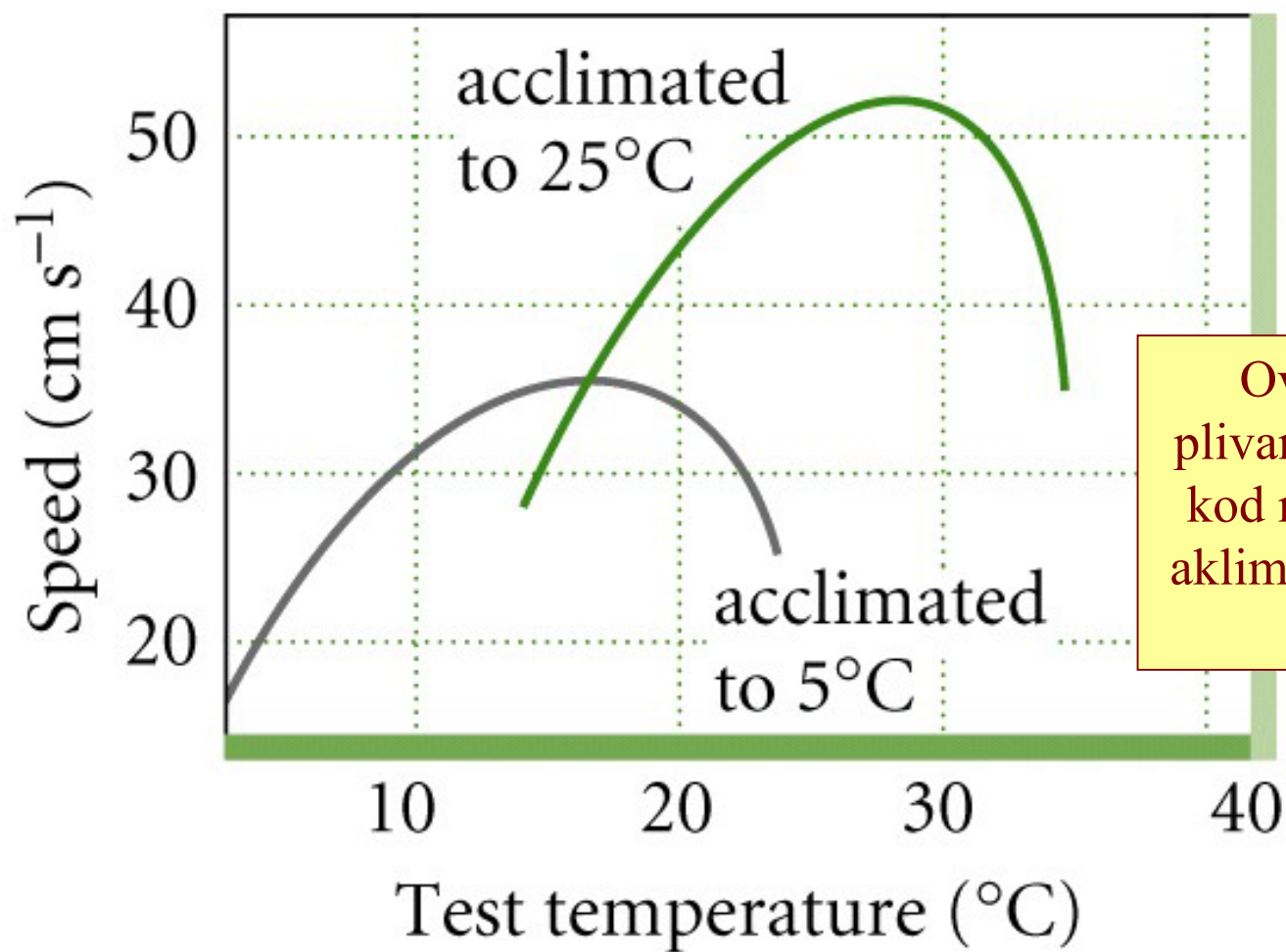


Hraneći se na obali gubi dosta vode a koncentrira soli.
Povlačenjem u rupe u pijesku nadoknađuje vodu i izlučuje
višak soli

PRILAGOĐIVAČKI (AKLIMATIZACIJSKI) ODGOVORI

- Također reverzibilni, ali nešto sporiji od regulacijskih odgovora
- Ove se promjene mogu promatrati kao pomaci u rasponima regulacijskih odgovora
- Ovi odgovori uključuju morfološke i biokemijske modifikacije

Temperaturna prilagodba kod zlatne ribice



Ovisnost brzine plivanja o temperaturi kod ribica prethodno aklimatiziranih na 5°C i 25°C

RAZVOJNI ODGOVORI

- Najsporiji su i u pravilu ireverzibilni
- Događaju se kada su promjene u okolišu spore pa jedinke mogu mijenjati svoj razvoj u svrhu proizvodnje najprikladnijeg oblika
- Organizam ne može razvojnim odgovorom reagirati na kratkoročne promjene u okolišu
- Razvojni odgovori su značajni kod organizama koji imaju nekoliko generacija godišnje

Ekstremni odgovori organizama na nepovoljne uvjete

- Kada se ni sa jednim tipom odgovora na promjene u okolišu ne mogu savladati nepovoljni uvjeti, organizmi posežu za ekstremnim odgovorima:
 - **1. MIGRACIJE**
 - **2. SKLADIŠTENJE HRANE (ENERGIJE)**
 - **3. FIZIOLOŠKO MIROVANJE**