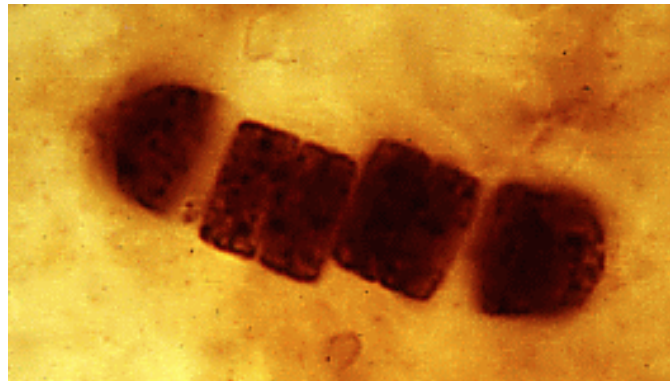


OPĆA PALEONTOLOGIJA

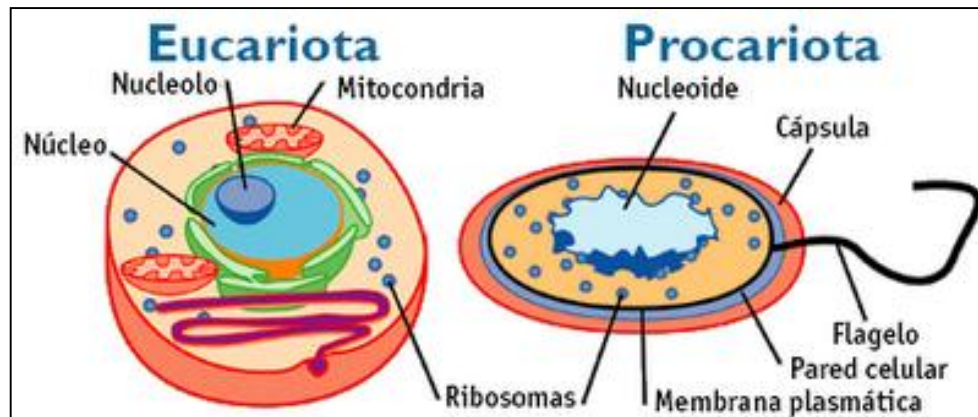
PROKARYOTA
(BACTERIA I ARCHAEA)



doc. dr. sc. Karmen Fio Firi
karmen.fio@geol.pmf.unizg.hr

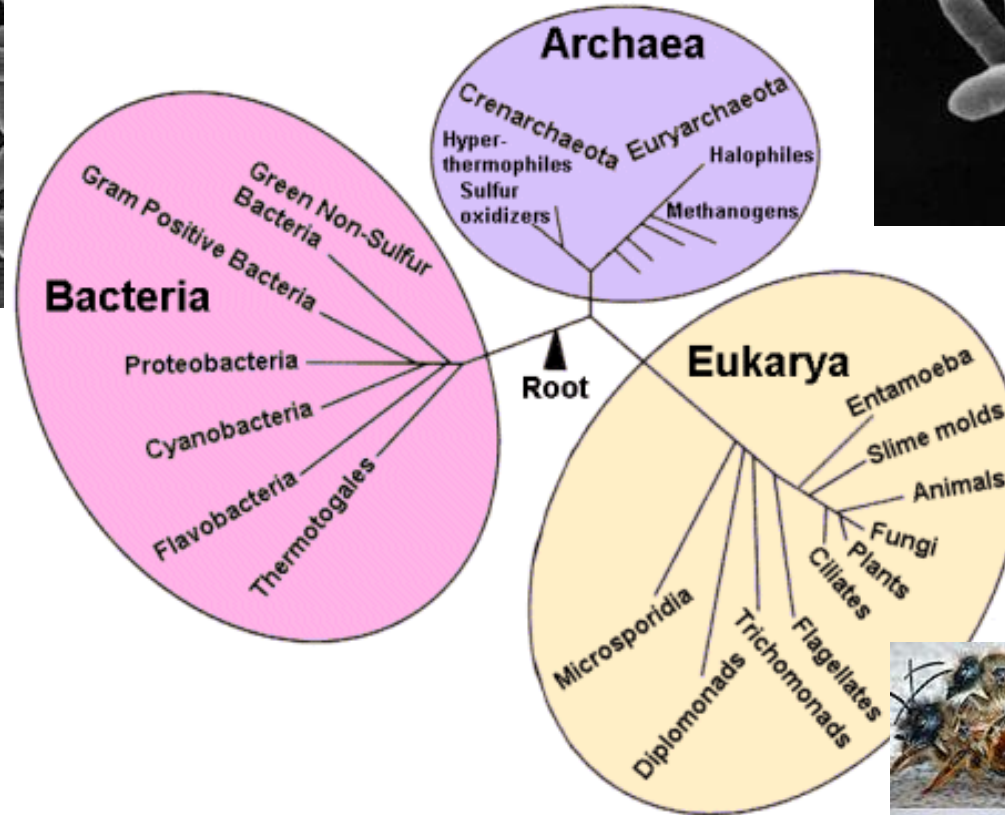
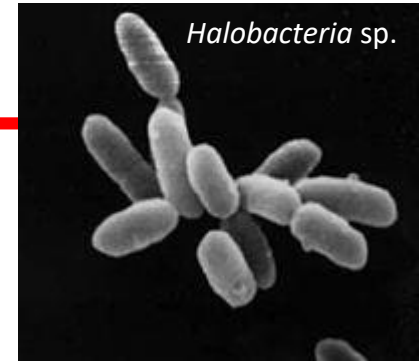
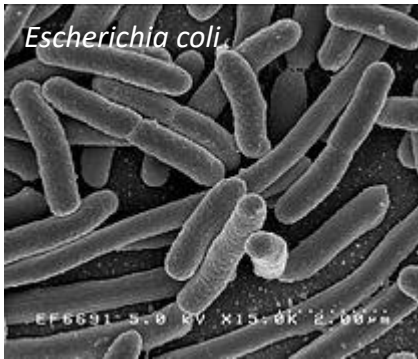
Podsjetnik

Prokarioti – jednostanični organizmi s primitivnom stanicom koja nema stanične jezgre obavijene membranom, niti organela. Razmnožavaju se dijeljenjem stanica pri čemu novonastale stanice imaju potpuno ista svojstva kao i one od kojih su nastale. Jedino mutacijom mogu se malo promijeniti.



Eukarioti – razvijeniji organizmi koji posjeduju jezgru, organele i kromosome u DNA. Primitivniji eukarioti se razmnožavaju izmjenom generacija, a napredniji seksualnim razmnožavanjem.

Taksonomija



Supercarstvo EUKARYOTA

- Carstvo **PROTISTA** - prabiljke (Protophyta)
- praživotinje (Protozoa)
- alge (Thalophyta)

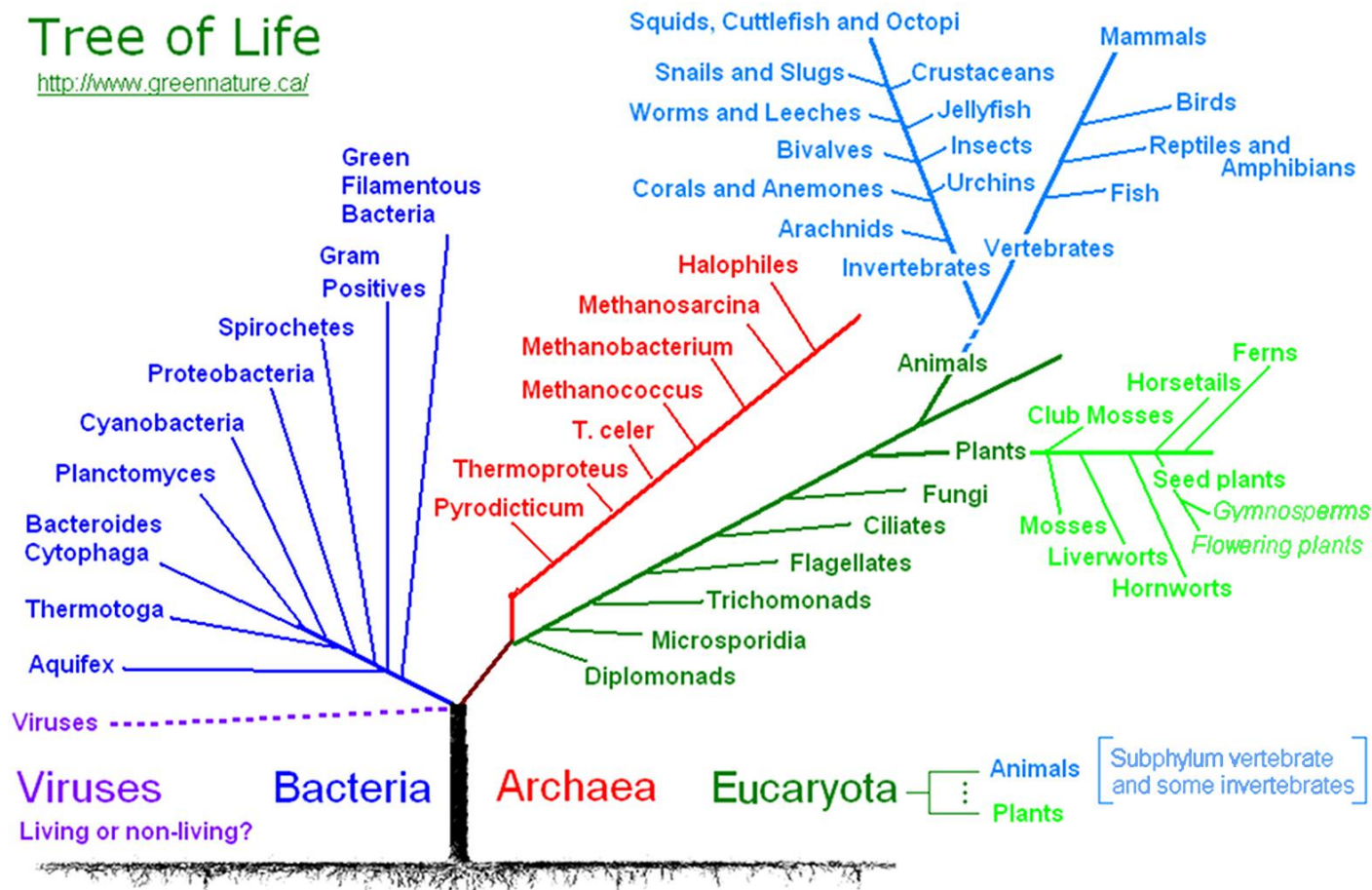
Carstvo FUNGI

- Carstvo **PLANTAE** - mahovine (Bryophyta)
- vaskularne biljke (Tracheophyta)

Carstvo ANIMALIA

Tree of Life

<http://www.greennature.ca/>



Six Kingdoms

<http://www.greennature.ca/>

Eubacteria	Archaeobacteria	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
------------	-----------------	----------	-------	---------	----------

Five Kingdoms

Monera	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
--------	----------	-------	---------	----------

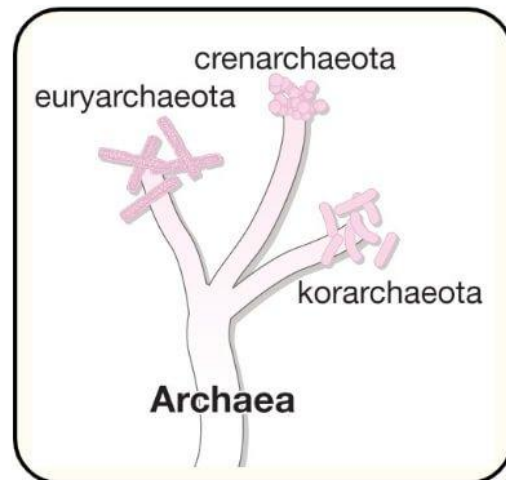
Three Domains

Bacteria	Archaea	Eukaryota
----------	---------	-----------

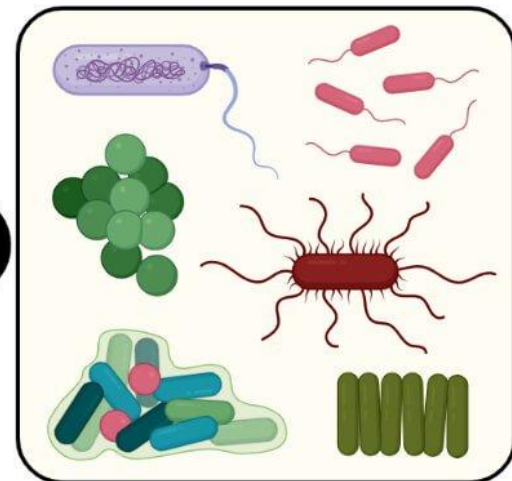
PROKARYOTA

- Prvi organizmi na Zemlji, pojavili se prije oko 4 milijarde godina i dominirali sljedećih gotovo 3 milijarde godina
- ARCHAEA i BACTERIA – razlike prema mjestu života, građi stanice, lipidima stanične stijenke, oksidaciji glukoze, mogućnosti za fotosintezu, tipovima, dijelovima građe, načinu razmnožavanja, građi RNA, kromosomima, RNA polimerazi, patogenosti... – <https://microbenotes.com/archaea-vs-bacteria/#key-differences-archaea-vs-bacteria>

Differences between Archaea and Bacteria



VS



PROKARYOTA – ARCHAEA

- Najstariji ostaci stari 3,8 milijardi godina
- Izgledom slične bakterijama, u stijenama se mogu razlikovati od bakterija po kemijskim fosilima – specifičnim molekularnim ostacima stanične membrane građene od lančastih izoprenoida
- Otkrivene 1977. godine kao „treći oblik života” – različito nazivlje: Archaeobacteria (ali nisu bakterije!) pa Archaea
- Nekim svojstvima podsjećaju na bakterije, a nekim na eukariote
- Žive u različitim, često ekstremnim uvjetima – u dubokim i hladnim oceanima, tlu, slatkoj vodi, ali i u tijelima organizama
- Uključuju metanogene oblike, ekstremne halofile i termoacidofile

PROKARYOTA – ARCHAEA

- **TERMOACIDOFILI**

- žive u vrućim, kiselim vodama i oko vrućih sumpornih izvora ($T > 55^{\circ}\text{C}$)
- Ekstremni oblici i na $T > 100^{\circ}\text{C}$

- **METANOGENI** (anaerobni)

- oksidiraju CO_2 i proizvode metan – stvaraju močvarne plinove
- žive u različitim uvjetima, od oceanskih dubina do želuca sisavaca

- **HALOFILI**

- žive u ekstremno slanim sredinama (npr. Mrtvo more, Great Salt Lake)
- U slučaju da su prisutne u velikom broju, mogu dati ružičastu boju obalama slanih jezera

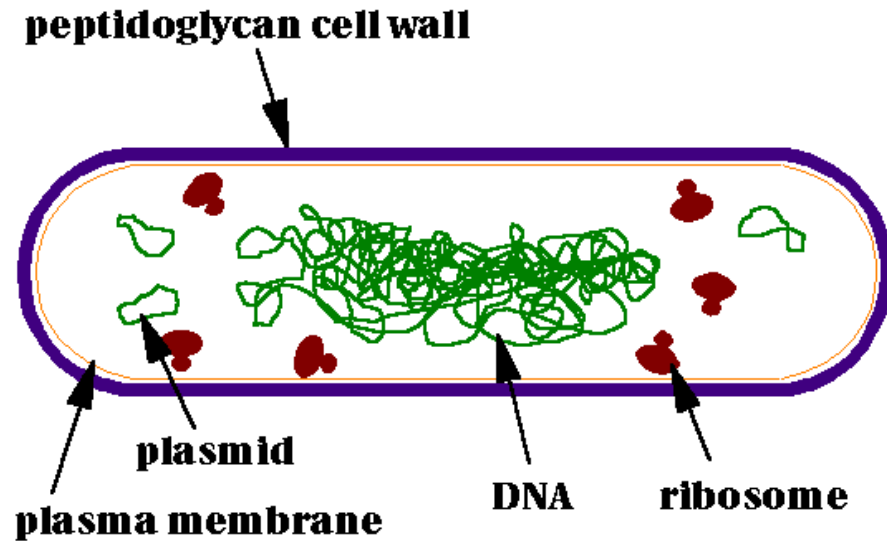


Iz rada Baxter (2018): Great Salt Lake, ružičasto obojenje zahvaljujući halofilnim arhejama u hipersalnim vodama; zeleni dio obojen zahvaljujući raznolikim zelenim alagama

BACTERIA

- Vrlo raznolike i prilagodljive, žive u svim tipovima okoliša (slatke vode, vrući izvori, led...)
- Većina bakterija živi heterotrofno, saprofitski ili parazitski, no ima i autotrofnih, koje proizvode hranu procesima fotosinteze i kemosinteze
- Iako su često i uzročnici bolesti, mnoge bakterije su baza prehrane u mnogim okolišima i neizostavni dijelovi okoliša i organizama (stvaraju antibiotike, žive kao simbionti u tijelu, posebice probavnom sustavu, mnogih životinja i ljudi, na korijenju biljaka, pomažu stvaranje jogurta i kvasca, rastvaraju organsku tvar...)
- Bakterije imaju sposobnost naglog rasta i brzog razmnožavanja

BACTERIA



<https://ucmp.berkeley.edu/bacteria/bacteriamm.html>

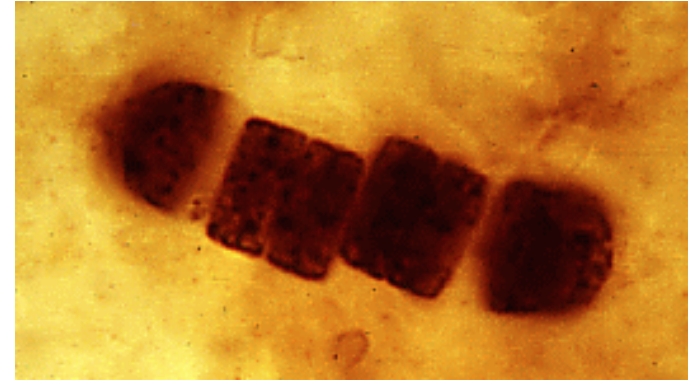
- Kod većine bakterija stanična membrana okružena je staničnom stijenkom
- Različit sastav staničnih stijenki kod različitih vrsta bakterija – parametar za odredbu i klasifikaciju bakterija
 - **Gram-pozitivne** bakterije: stanična stijenka (vanjski dio) od peptidoglikana → prilikom bojanja pokazuju ljubičastu boju
 - **Gram-negativne** bakterije: dvostruke stanične stijenke s unutarnjom stijenkom od peptidoglikana → ne bojaju se u ljubičasto
- Podjela na različite skupine (sumporne, željezne, fosfatne...), od čega su fosilno najznačajnije cijanobakterije (modrozeleno alge) koje tvore **stromatolite**

Fosilne bakterije

- Pretpostavke postojanja na Zemlji već prije oko 4 milijarde godina
- Fosilni ostaci stari 3,5 milijarde godina – najstariji fosilni oblici na Zemlji!
- Mogućnost očuvanja fosilno (konzervacija), često i uz pomoć dodatnih minerala (zamjena piritom ili sideritom – pseudomorfoze); neke bakterije stvaraju bušotine (endoliti – ihnofosili); magnetobakterije – očuvanje magnetita u stanicama (najmanji fosilni ostaci u stijenama starim oko 2 mlrd. g.); očuvanje u jantaru (fosilnoj smoli)
- Fosilne bakterije otkrivene 1879. g., prilikom proučavanja korijenja karbonskih biljaka (van Tieghem)

CYANOBACTERIA (modrozelenene alge)

- Kuglaste ili nitaste stanice bez formirane jezgre i kromatofora
- Značajan utjecaj na globalan ciklus ugljika, kisika i dušika
- Ishodišna skupina za biljke
- Očuvanje cijanobakterija uglavnom u rožnjacima, rijede šejlovima

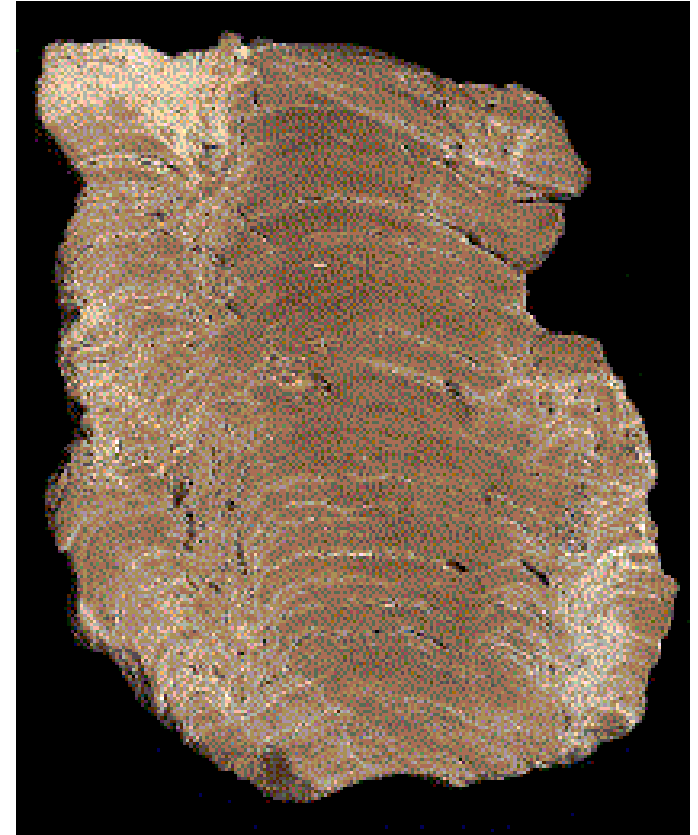


Milijardu godina stare cijanobakterije, Bitter Springs Chert, Sj. Australija; <https://ucmp.berkeley.edu/bacteria/bacteriafr.html>

- Najstariji životni oblici prije 3,5 mlrd. g. (arhaik, zapadna Australija) – nisu se značajnije mijenjale do danas
- Sigurni nalazi cijanobakterija 1,88 mlrd.g., stromatolita 3,2 mlrd.g. (iz Boden et al., 2021)
- Arhaik i proterozoik – pojava fotosinteze i otpuštanja kisika

CYANOBACTERIA (modrozelenene alge)

- Stvaraju STROMATOLITE – laminirane strukture, građene najvećim dijelom od cijanobakterija na koje se talože/lijepe karbonatni minerali i mulj (precipitacija uz pomoć bakterija koje vrše fotosintezu i koriste CO_2); višestruko ponavljanje procesa
- Najstariji stromatoliti iz ranog arhaika, tijekom arhaika česti; rašireni tijekom proterozoika, no značajno im se smanjuje raširenost prema kraju proterozoika
- Nalazi nafte proterozojske starosti rezultat su aktivnosti cijanobakterija, poput roda *Gloeocapsomorpha* (Estonijski ordovicijski kukerzit – gorivo)



<https://ucmp.berkeley.edu/bacteria/cyanofr.html>

STROMATOLITI

- Nastaju i danas (recentno) – npr. u Australiji (Shark Bay)



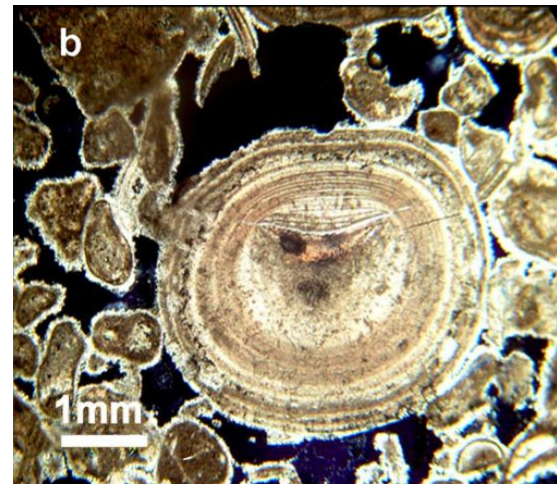
CYANOBACTERIA (modrozelene alge)

ONKOIDI

- Kružne (ne savršeno pravilne) strukture sa česticom u sredini koje čine lamine cijanobakterija na koje se naljepljuju kalcitni minerali i mulj
- Tvoje stijenu onkolit u većim količinama
- Veličine obično do 10 cm
- Indikatori toplih plitkih mora, poznati i iz slatkovodnih okoliša (od eocena)
- U Hrvatskoj ih nalazimo od perma, česte u sedimentnim stijenama trijasa – poznata form-vrsta *Sphaerocodium bornemanni*



Onkolit, onkoidi nastali u jezerskom okolišu; iz Karim et al. (2010)



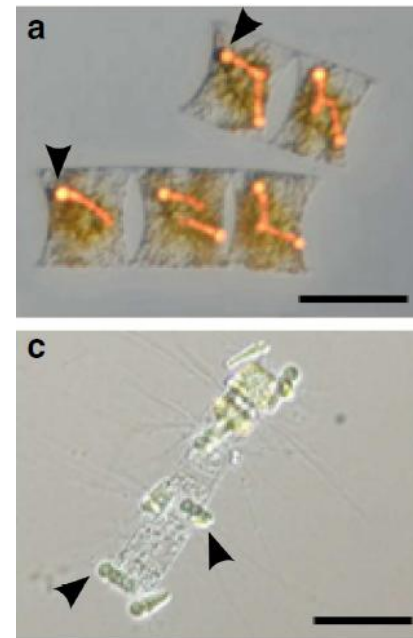
Fotomikrografija onkoida; iz Khanaqa et al. (2013)

CYANOBACTERIA (modrozelené alge)

- Često žive u simbiozi s drugim organizmima (biljke – za fiksiranje dušika, gljive, lišajevi, dijatomeje...) – **cijanobionti**
- I danas aktivno sudjeluju u stvaranju sedre



Cikade kao primjer biljaka u simbiozi s cijanobakterijama (prema Rikkinen, 2013)



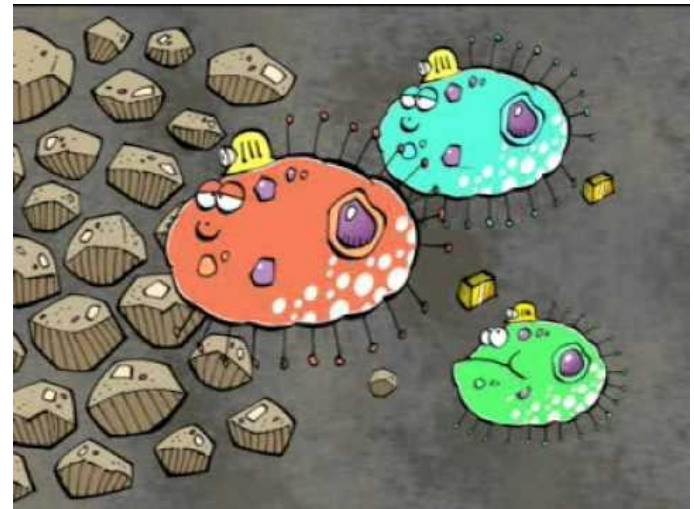
Cijanobakterije u simbiozi s dijatomejama (iz Hilton et al., 2013)

Litotrofne bakterije

- Koriste mineralne tvari (reducirane anorganske spojeve) za stvaranje energije (aerobnim ili anaerobnim putem/disanjem)
- Litotrofi sudjeluju u mnogim geološkim procesima, npr. stvaranju tla, biogeokemijskog ciklusa ugljika, dušika i drugih elemenata
- Litotrofija se češće javlja u ekstremnim životnim uvjetima

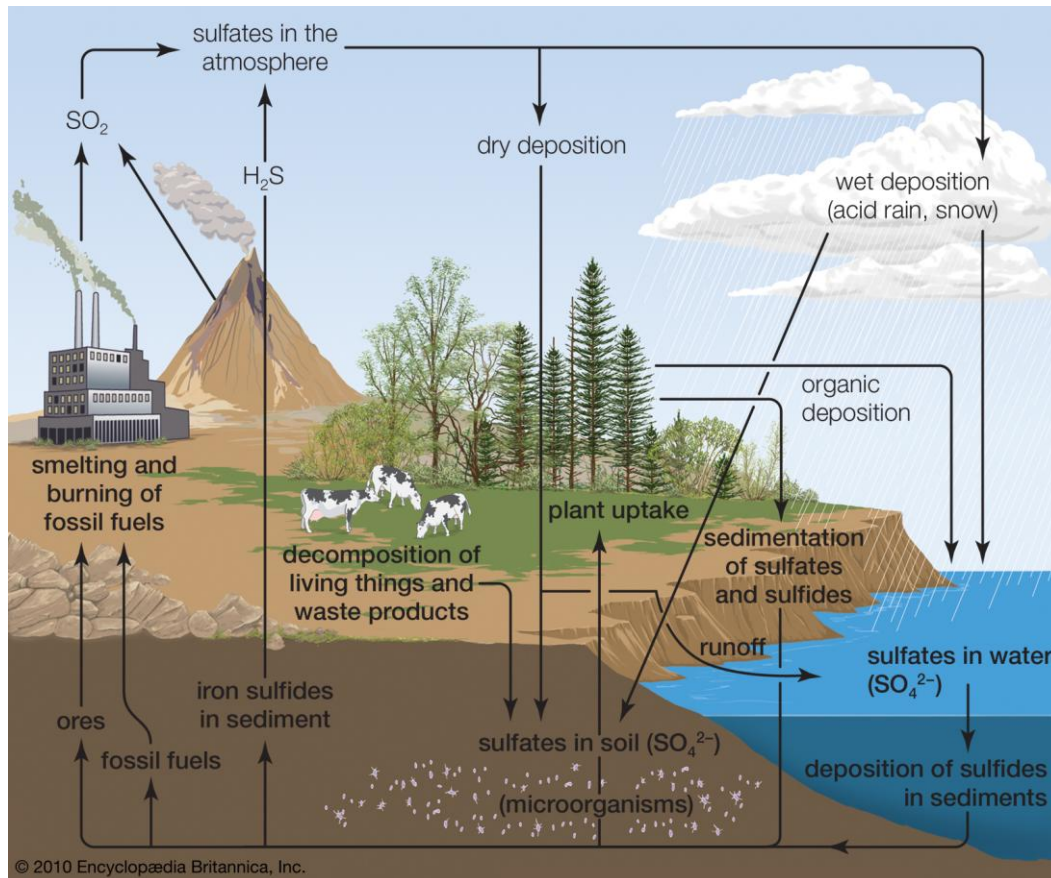
BIOMINING

Rastuća industrija (s počecima 1947. g.) ekstrakcije metala bazirana na djelovanju mikroorganizama pri različitim temperaturama → „upotreba” mikroorganizama za **ekstrakciju metala** od ekonomske važnosti (najčešće Cu, U, Ni i Au) iz različitih, ponajviše sulfidnih minerala i ruda; i za čišćenje onečišćenih lokaliteta prilikom rudarenja



Sumporne bakterije

- Sumpor nalazimo u amino-kiselinama, sastavni dio svih živih bića
- Sumporne bakterije važne u ciklusu sumpora, oksidiraju H_2S u S , a S u SO_4^{2-}



Željezne bakterije

- Željezo kao važan element u živim organizmima, sudjeluje u metaboličkim procesima
- Oksidiraju željezoviti Fe^{2+} ion u otopini
- Zaslužne za postanak najvećih naslaga željeza – *banded iron formation* (BIF) → posljedica stvaranja kisika u morima posredstvom cijanobakterija tijekom pretkambrija



Foto: Graeme Churchard; Bristol, UK - Dales GorgeUploaded by PDTillman, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30889569>

Fosfatne bakterije

- Nađu se u svim fosfatima, te se vjeruje da imaju važnu ulogu u njihovoj sintezi
- Fosfatne bakterije razgrađuju fosforne spojeve na fosfate
- Pomažu rast biljaka – utjecaj na fiksiranje dušika
- Fosfat-akumulirajuće bakterije primjenjuju se pri procesu poboljšanog biološkog uklanjanja fosfata iz otpadnih voda

Bakterije nafte

- Bakterije nafte žive u vodi naftonosnog sloja (moguće i 2500 m ispod površine zemlje)
- Pomažu pri razaranju masnih kiselina → konačan produkt su ugljikovodici
- Korištenje bakterija i za razgradnju nafte – primjeri vezani uz čišćenje Meksičkog zaljeva nakon *Deepwater Horizon* katastrofe (20. 04. 2010.g.) kada je izliveno oko 650 mil. litara sirove nafte u more

