

SPOLEČNĚ PRO VÝZKUM, ROZVOJ A INOVACE  
CZ/FMP.17A/0436



# Bakterie (prokaryotická buňka), jaký je jejich metabolismus

Zbyněk Heger

09. 04. 2015

Laboratoř metalomiky a nanotechnologií, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, Brno  
Místnost CEITEC, Kontakt: [kizek@sci.muni.cz](mailto:kizek@sci.muni.cz)



PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁCE  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA  
SPOLEČNE BEZ HRANÍČ



Mendelova  
univerzita  
v Brně

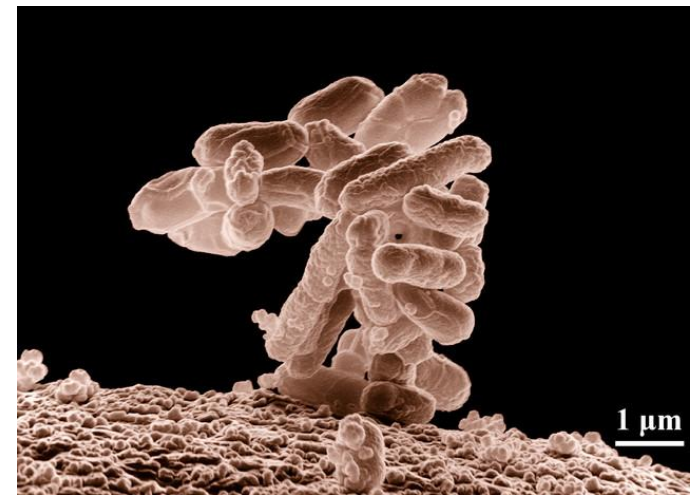
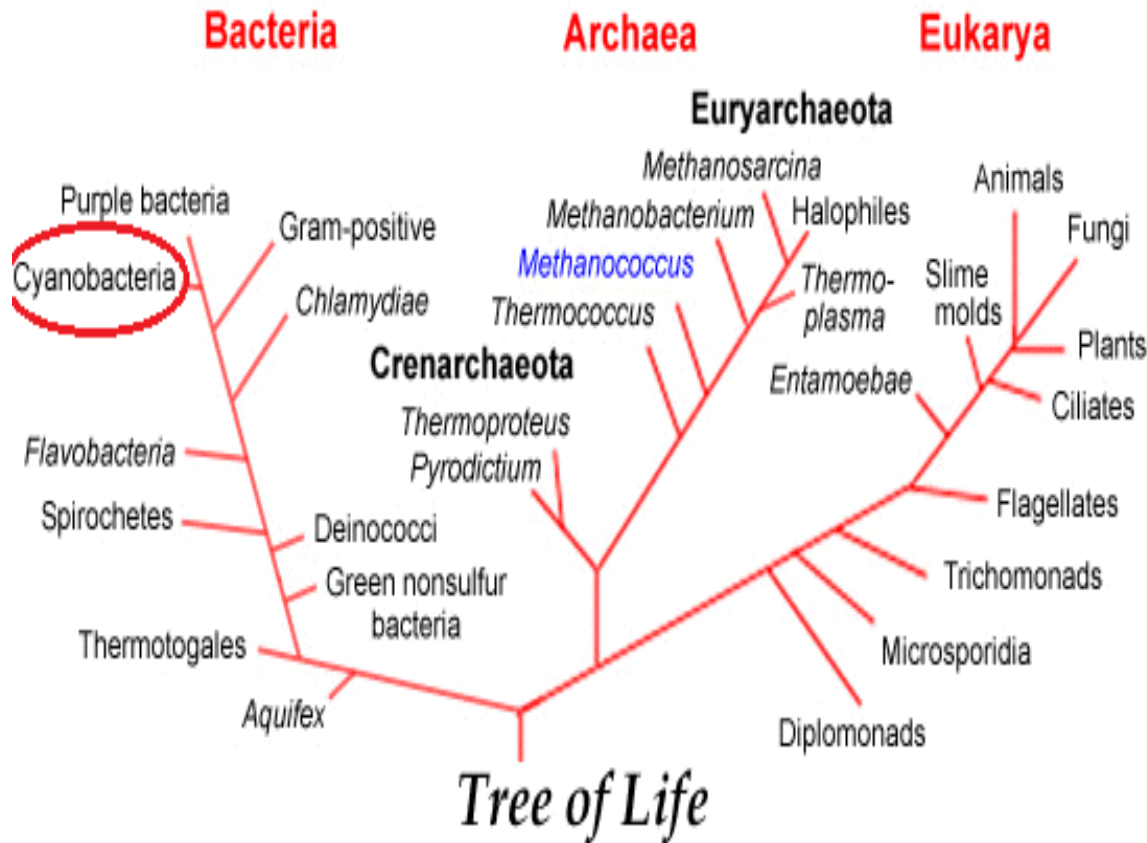


FOND MIKROPROJEKTŮ

# Bakteriální buňky – fylogenetický strom

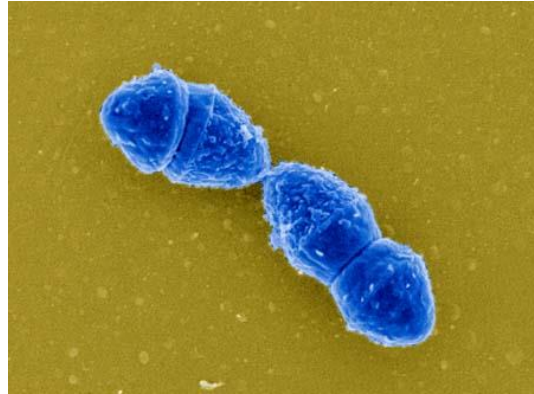
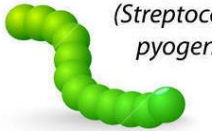
Bakterie, sinice, aktinomycety, mykoplasmata, rickettsie, chamydie

Velikost buněk je v řádu stovek nanometrů



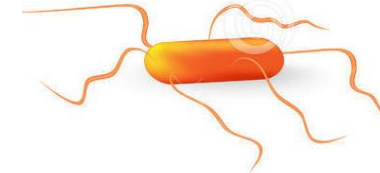
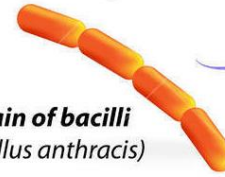
# Bakteriální buňky – tvar a velikost

## COCCI



## BACILLI

occi  
(cocci)

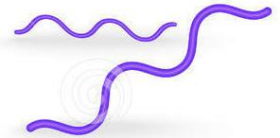


## OTHERS

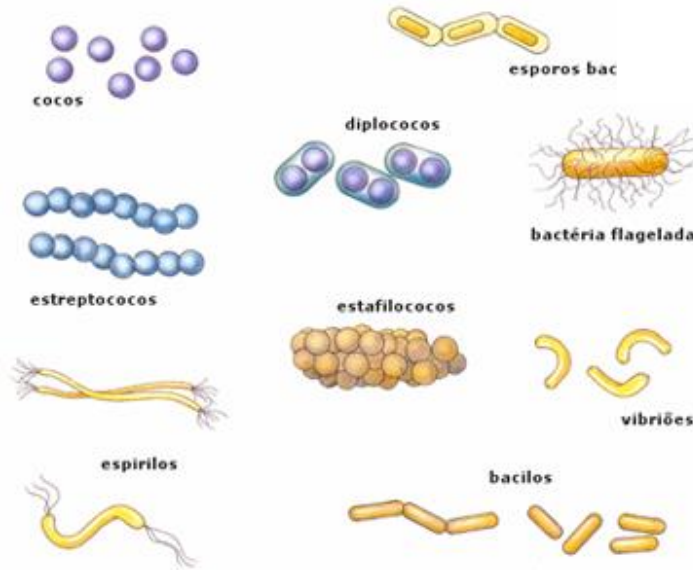
**Vibrios**  
(*Vibrio cholerae*)



**Spirilla**  
(*Helicobacter pylori*)

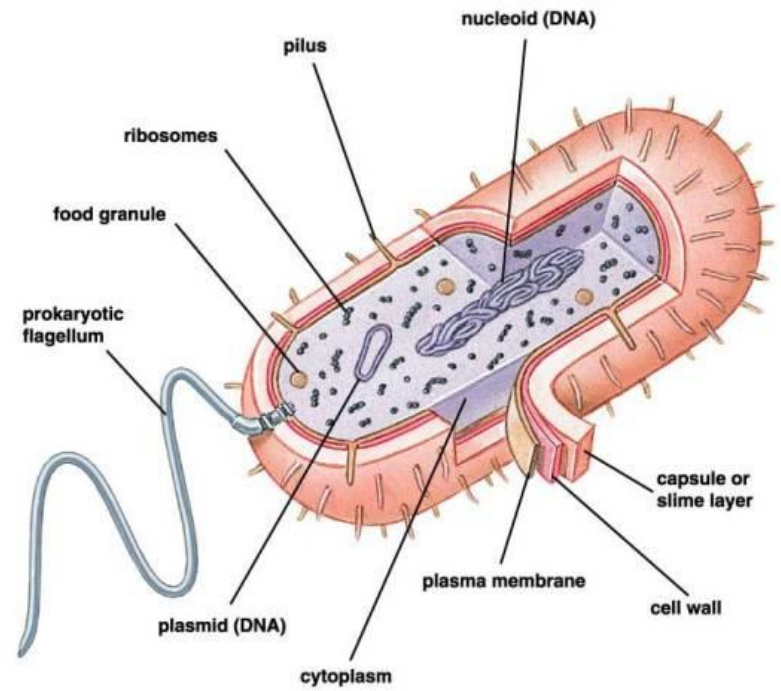
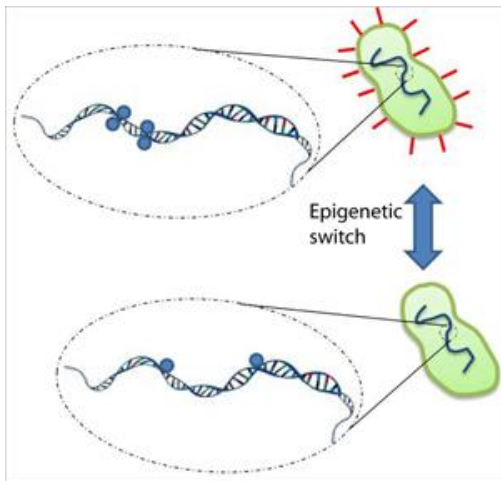
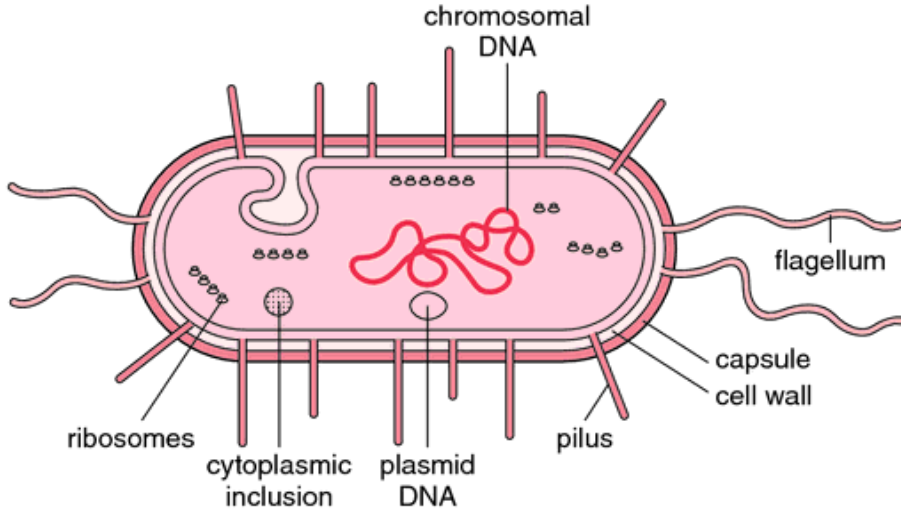


**Spirochaetes**  
(*Treponema pallidum*)



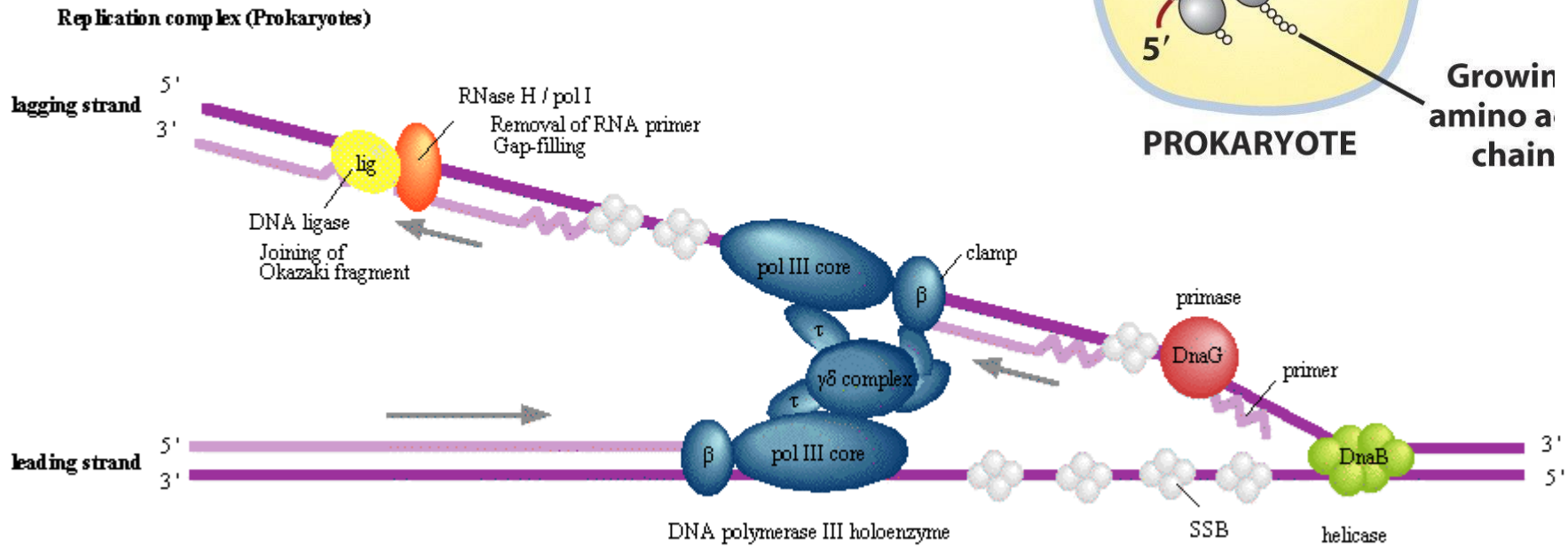
# Obecné schéma bakteriální buňky

## GENERALIZED STRUCTURE OF BACTERIUM



# DNA replikace

## DNA REPLICATION



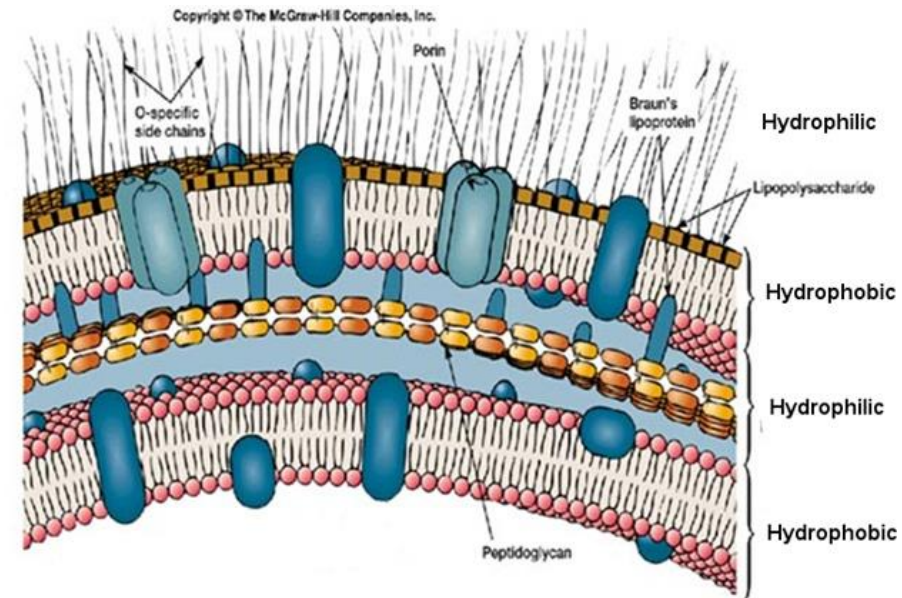
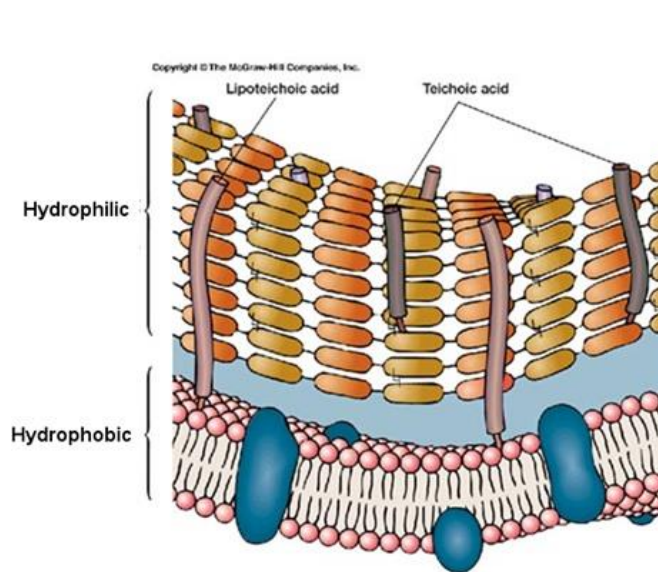
# Buněčný povrch

1. Buněčná stěna
2. Cytoplazmatická membrána

jen u některých:

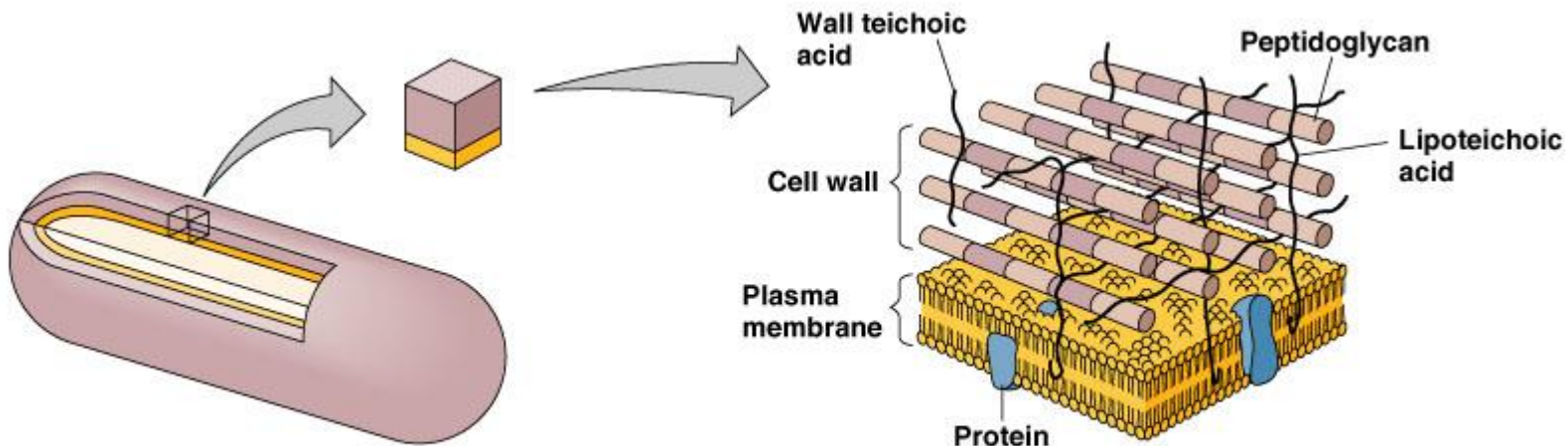
slizovitý obal, pouzdro - kapsula

glykokalyx – další vnější obal



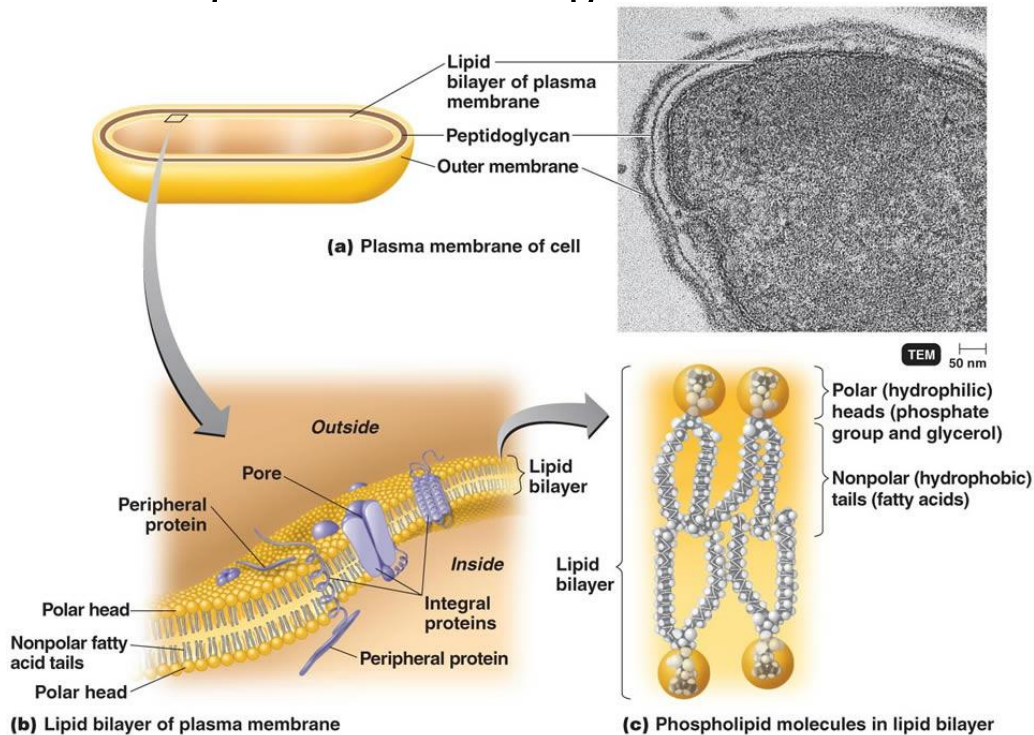
## Buněčná stěna

- u většiny prokaryot (výjimku tvoří mykoplazmata)
- stavba: (je mohutná) přisedá na lipoproteinovou membránu
- typickou látkou buněčné stěny je **peptidoglykan** (v b.s. eukaryot není!), murein, pseudomurein, peptidy, bílkoviny, polysacharidy;
- je pórovitá



**(b) Gram-positive cell wall**

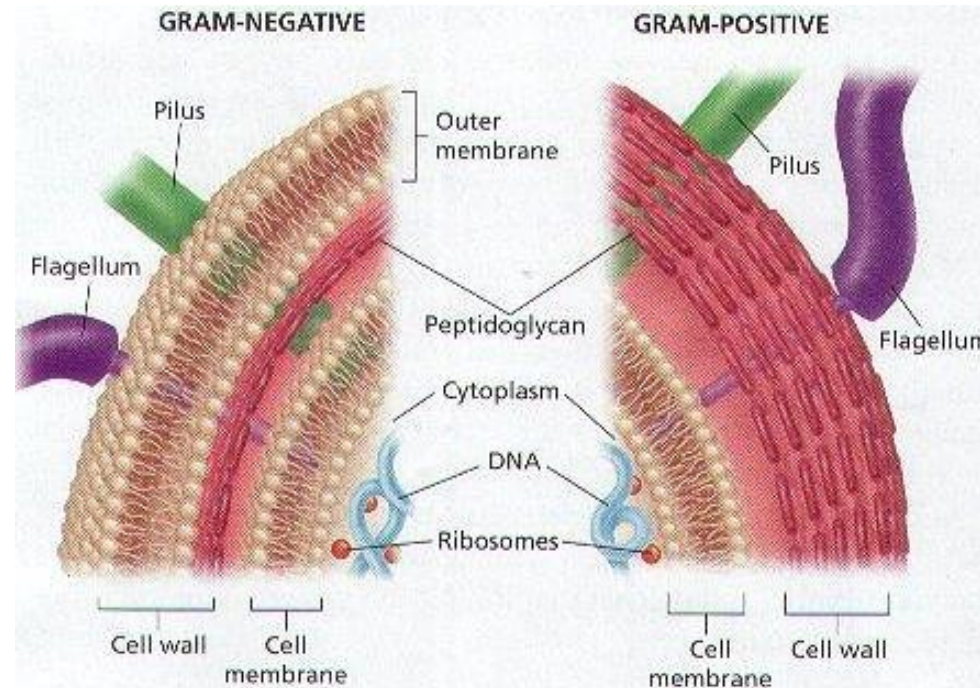
- Ochrana mechanická
- Ochrana chemická
- Udržuje vnitřní prostředí
- Udržuje tvar
- Kompenzuje vysoký osmotický tlak uvnitř buňky
- Permeabilní (plně propustná)
- Povrch je nositelem antigenních vlastností



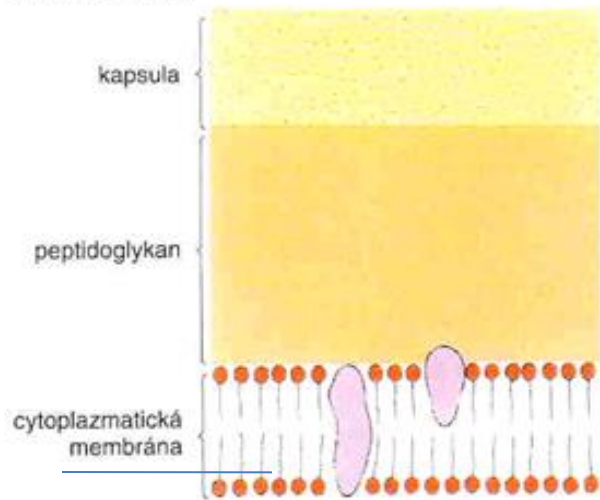


# Typy bakterií podle Gramova barvení b. stěny

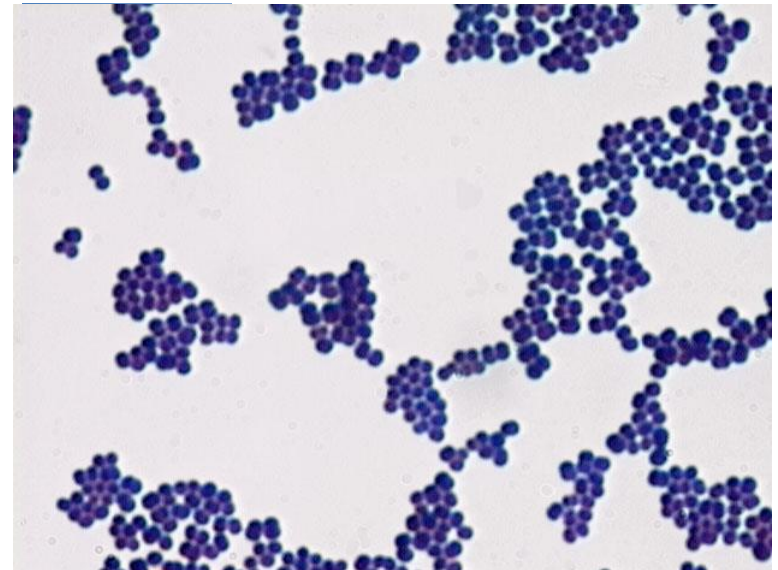
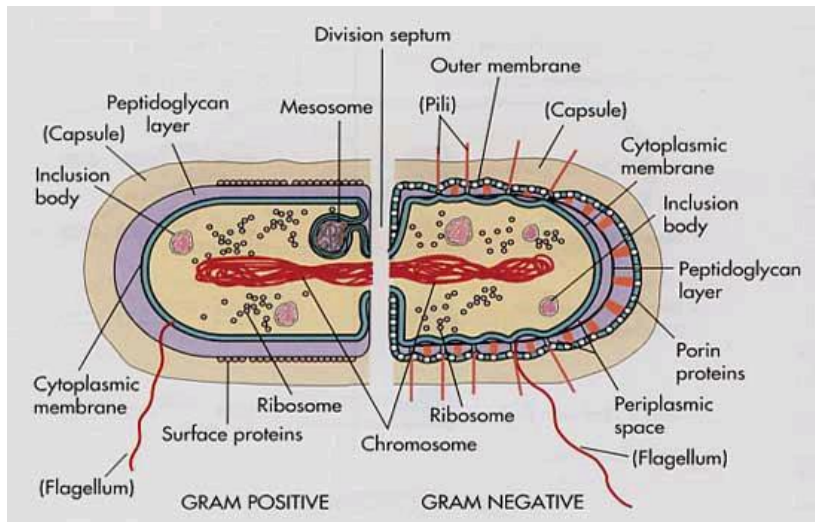
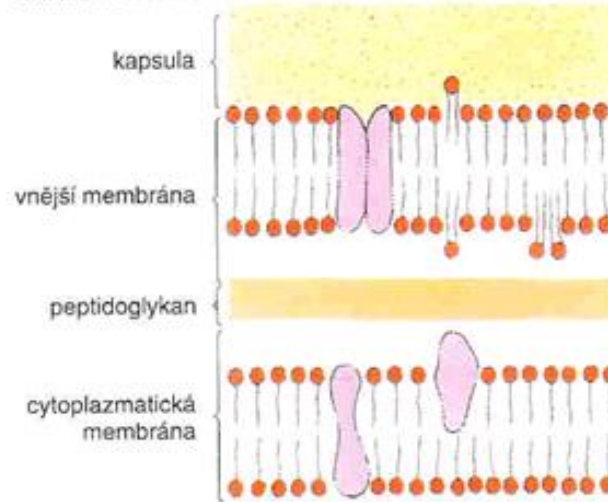
- **grampozitivní** (b.s. silná)
- **gramnegativní** (b.s. tenká a na její vnější straně je ještě druhá lipoproteinová membrána, tzv. vnější membrána)
  - (1. roztok krystal. violeť, 2. roztok KI Lugolův roztok, vymývá se etanolem, acetonem)
- **bakterie bez buněčné stěny**
- **buněčná stěna sinic je čtyřvrstevná a znemožňuje barvení dle Grama.**



## GRAMPOZITIVNÍ

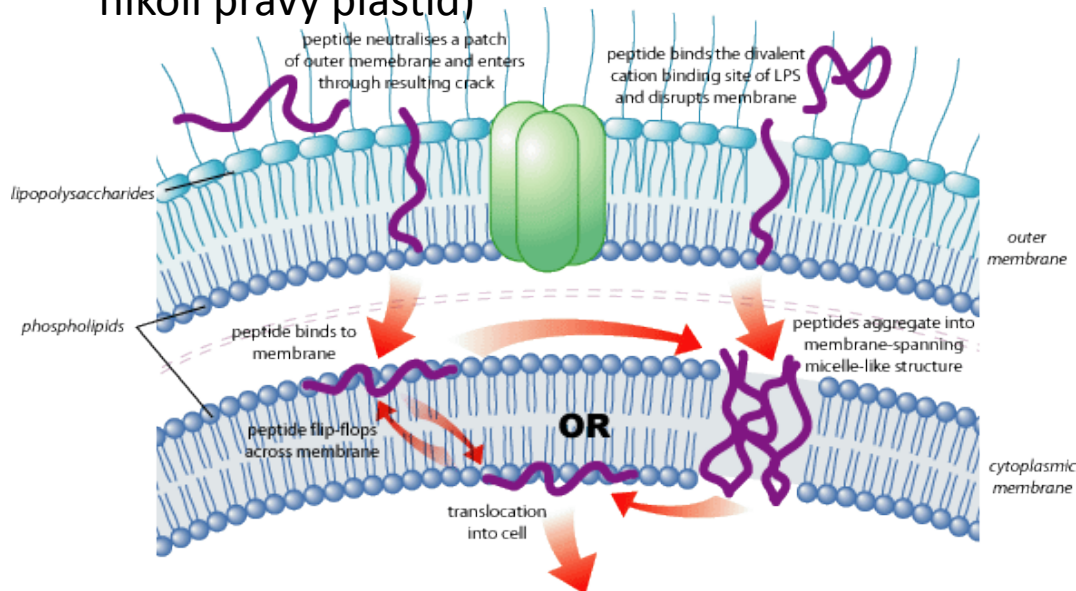


## GRAMNEGATIVNÍ

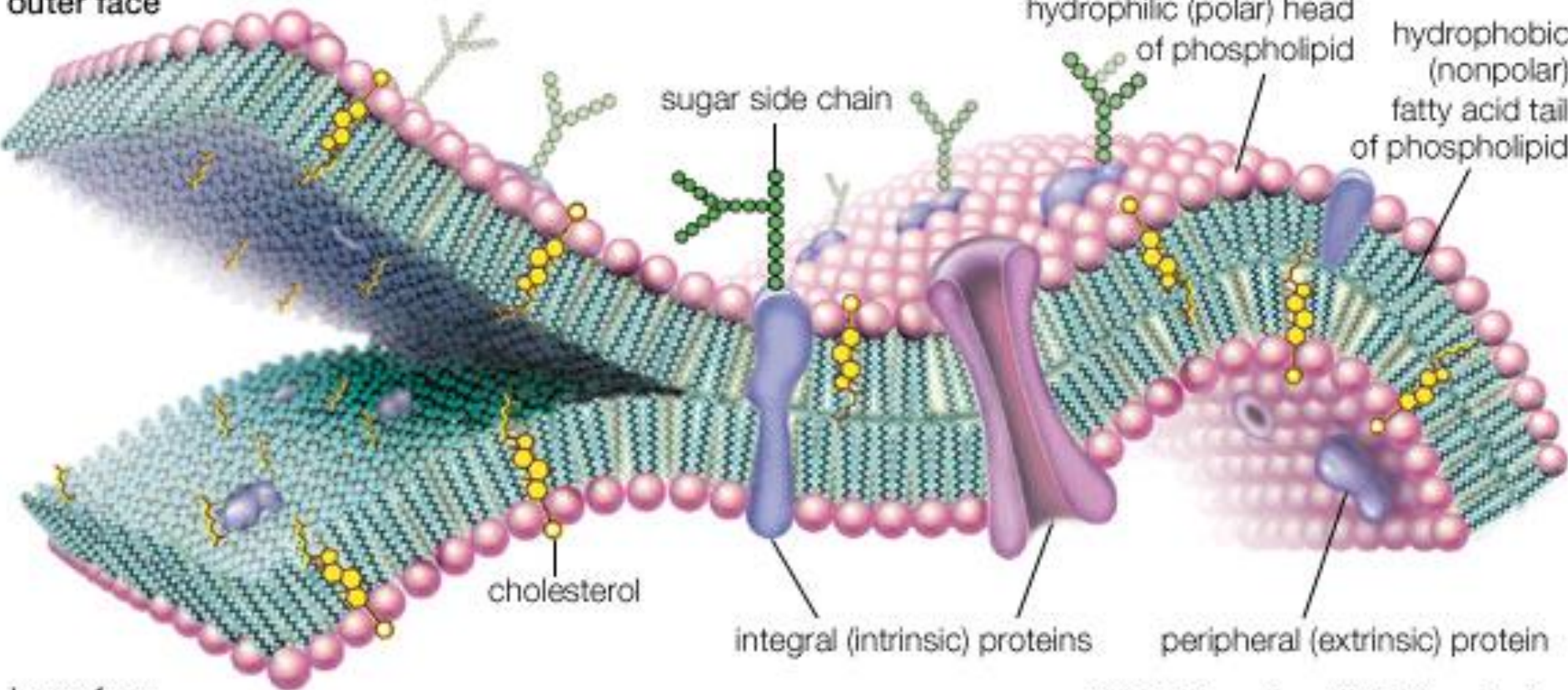


# Cytoplazmatická membrána

- jediný membránový útvar u bakterií je povrchová membrána (plazmatická membrána)
- stavba: 2 vrstvy fosfolipidů, bílkoviny, sacharidy
- model tekuté mozaiky
- tloušťka 5-9  $\mu\text{m}$
- u některých se vytváří klubíčkový útvar (mezozóm)
- fotosyntetizující prokaryota – vchlípením a odškrcením od povrchové membrány se vytváří systém tylakoidů (volné tylakoidy v plazmě, nikoli pravý plastid)



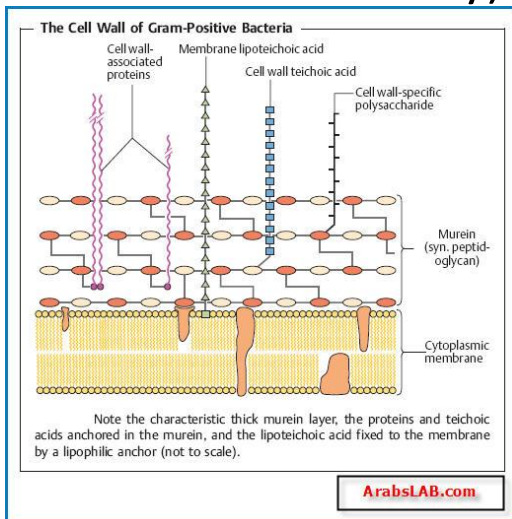
outer face



inner face

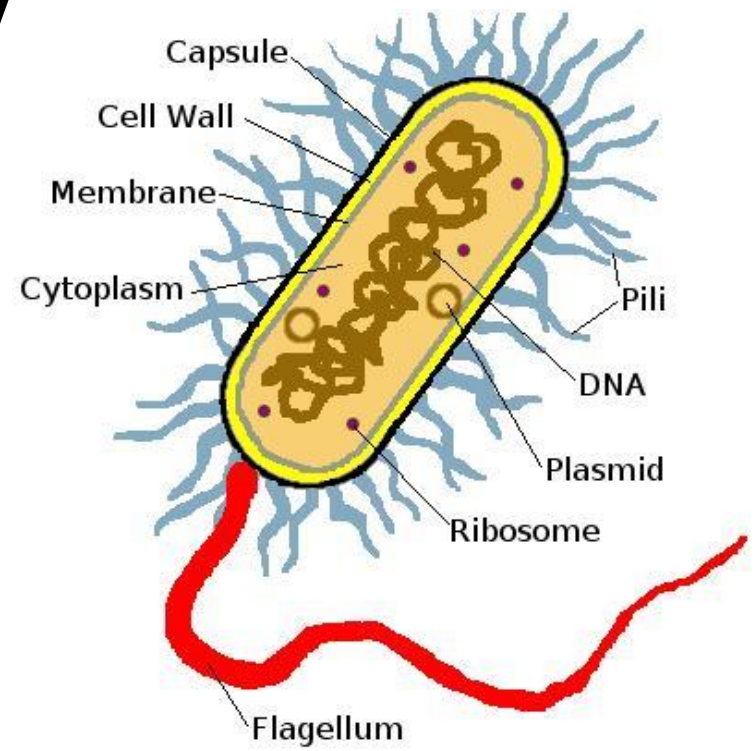
# Funkce cytoplazmatické membrány

- stálost vnitřního prostředí
- semipermeabilní (reguluje transport)
- místo metabolických pochodů (enzymy dýchacího řetězce a pro syntézu lipidů, fotosyntéza)
- je plastická (její část se může oddělit či včlenit)
- reguluje syntézu buněčné stěny
- podílí se na reakci rostlinné buňky na podněty prostředí (světlo, dotyk, chemické vlivy)



# Obsah buňky

1. Cytoplazma
2. Jaderná hmota
3. Plazmidy
4. Ribozomy



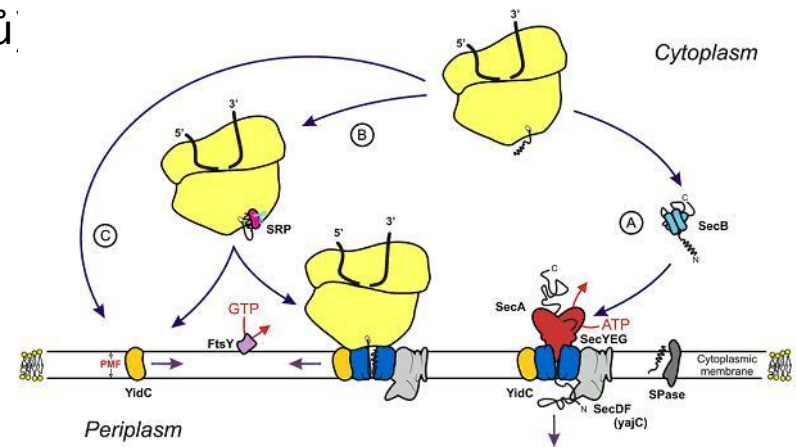
- Jen u některých jsou další organely...

# Základní cytoplazma

- vyplňuje prostor buňky
- fce: vytváří prostředí pro metabolické děje, v ní obsaženy organely
- viskózní koncentrovaná směs koloidních a krystaloidních roztoků org. a anorganických látek
- neutrální vodný roztok
- anorganické látky (K, Mg, Ca, Cl, uhličitany, fosforečnany,...)
- organické látky (cukry, tuky, bílkoviny)
- proměnlivé složení dle metabolismu
- schopnost přecházet ze solu v gel a naopak
- zásobní látky (**inkluze**) – glykogen, poly- $\beta$ -hydroxymáselná kyselina (zdroj uhlíku a energie) , volutin (zdroj P), někdy kapénky síry (sirné bakterie)

# nukleoid

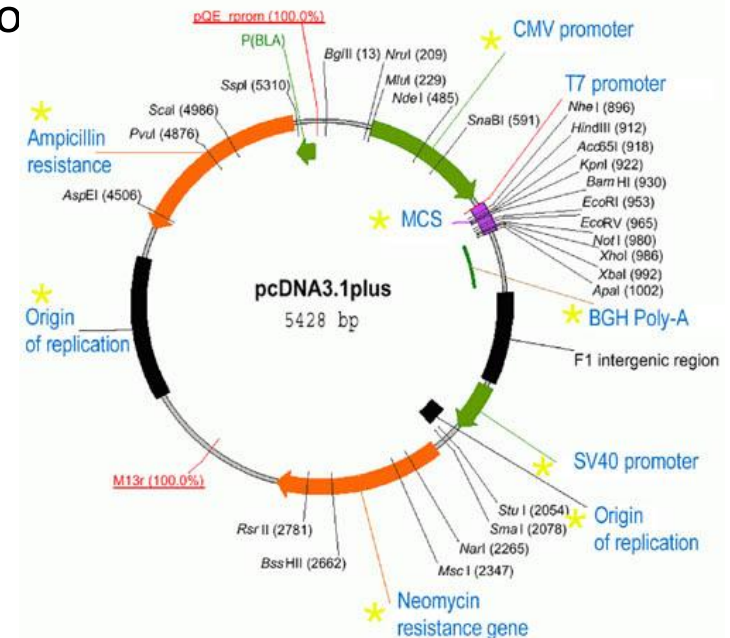
- 1 bakteriální chromozóm, 1DNA, haploidní bka=sada genů v bce jen jednou)
- volně v plazmě, není obklopena jaderným obalem, chemicky holá molekula DNA (kruhová dvoušroubovice) nevytvářející komplex s histony
- 1000x delší DNA než sama bka
- 20% objemu buňky
- fce:
  - řízení, genetická informace (asi 3500genů)





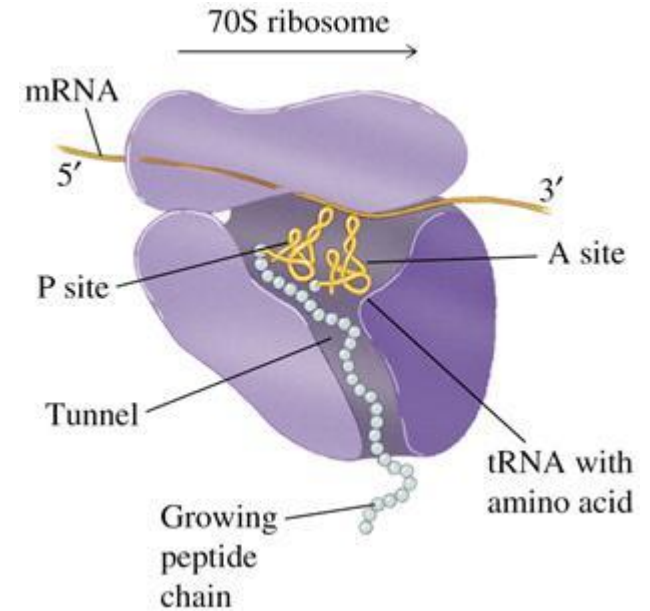
# Plazmidy

- malé cyklické molekuly DNA v cytoplasmě (doplňková informace)
- charakteristické pro bakterie
- v buňce více druhů (mohou se zmnožit):
  - konjugativní (mohou přecházet z buňky do buňky)
  - nekonjugativní
  - epizomální (samostatné i včleněny do nukleoidu)
- Funkce: nese geny (např. rezistence vůči antibio)
- Využití: v genovém inženýrství



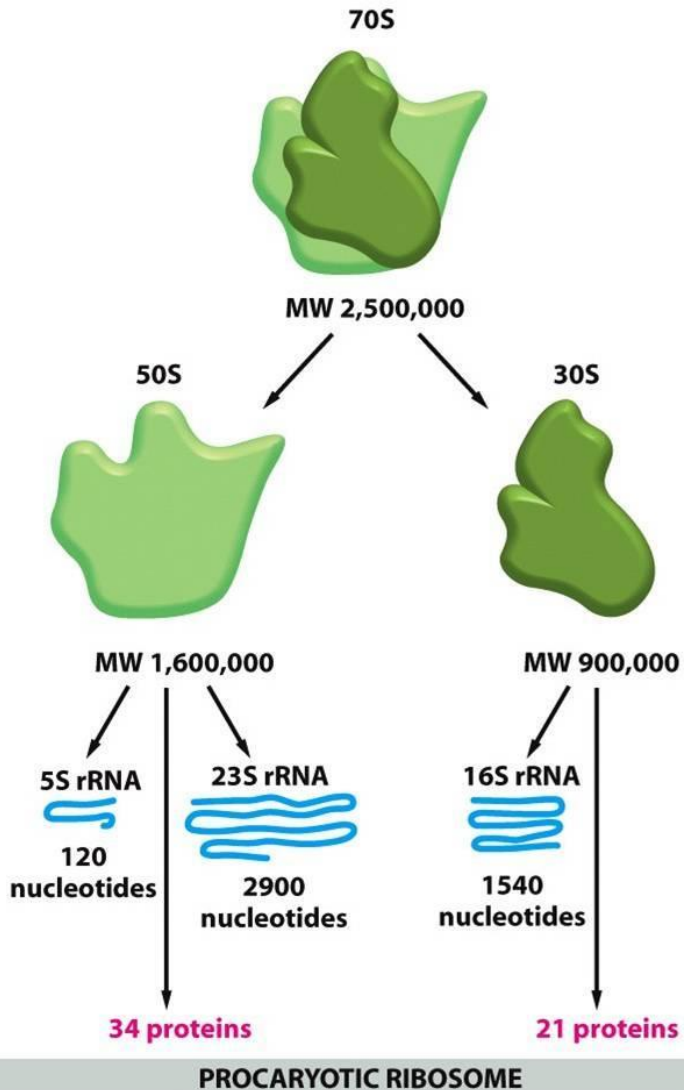
# Ribozómy

- 2podjednotky:
  - menší: 1mol RNA + 21 molekul bílkovin
  - větší: 2mol RNA + 34 molekul bílkovin
- nejsou ohraničeny membránou
- menší než u eukaryot
- volné či přisedlé zevnitř k povrchové membráně
- počet dle metabolické aktivity (sta až tisíce)
- funkce: syntéza nových polypeptidů (bílkovin)
  - jsou na nich vazebná místa pro RNA



# Další organely

- jen některých prokaryotických buněk



# Slizovitý obal (pouzdro)= kapsula

- nad buněčnou stěnou
- stavba:
  - hydratovaná vrstva polysacharidů, bílkovin, lipidů aj.
- funkce:
  - zvyšuje odolnost

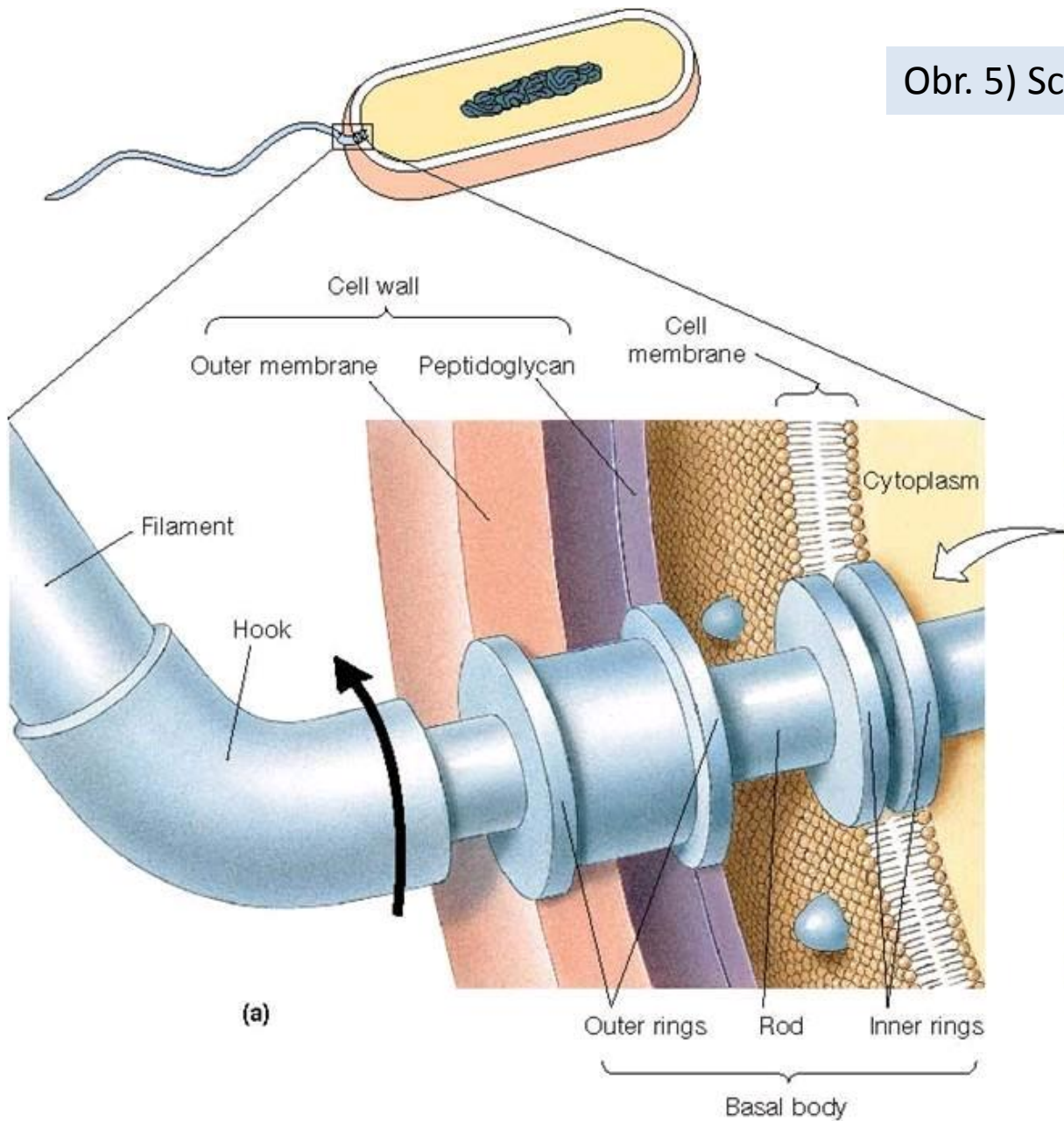
# Glykokalyx (další vnější obal)

- stavba:
  - plstovitě propletená vlákna polysacharidů
- funkce:
  - umožňuje buňkám na základě působení elektrostatických sil ulpívat na různých předmětech nebo se přichytnout na povrch sliznice

# Bičík (vlákno delší než buňka)

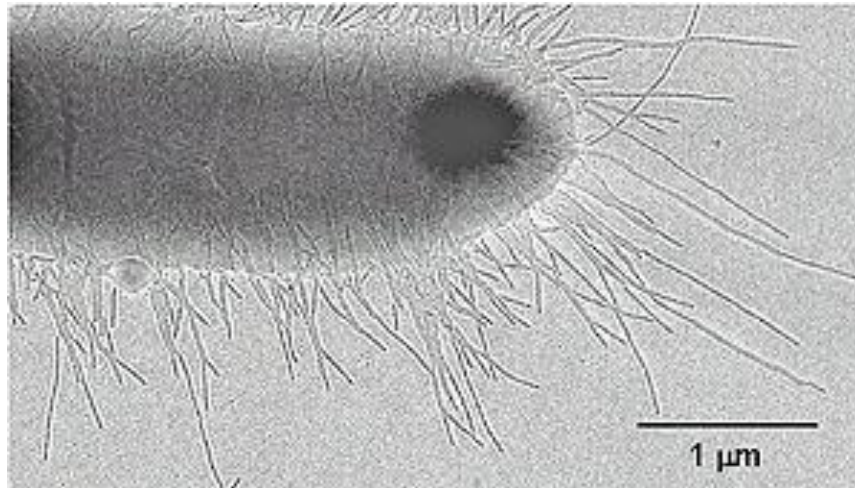
- stavba: (jiná než u eukaryot)
- molekuly globulárních bílkovin (flagelinů) podobných myozinu tvoří duté vlákno stočené do šroubovice, v cytoplazmě zakotven bazálním tělískem (dvě kruhové destičky se otáčejí proti sobě – spotřeba energie, rotace na základě elektrického náboje – stator a rotor)
- funkce: pohyb (20-500  $\mu\text{m/s}$ ) – šroubový pohyb, zředí prostředí před buňkou, okolní prostředí tlačí vpřed, bičík táhne buňku

Obr. 5) Schéma stavby bičíku



# Fimbrie (pilusy)

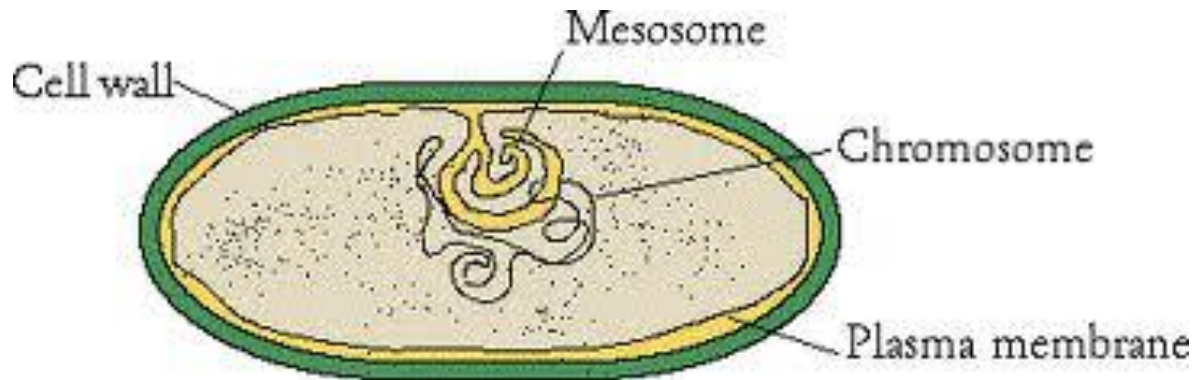
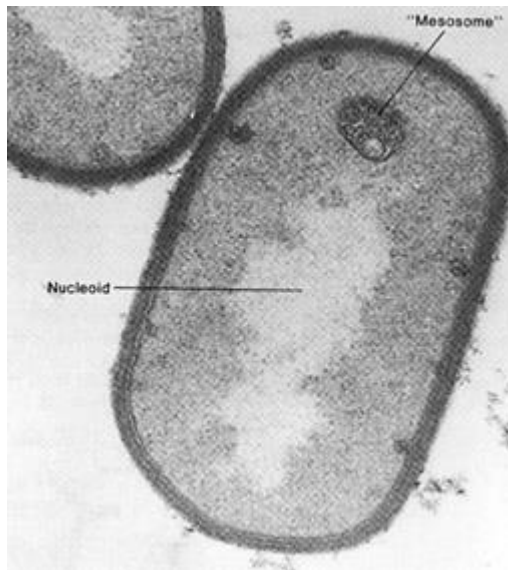
- krátká křehká nepohyblivá vlákna na povrchu jen gramnegativních bakterií
- fimbrie bývají ve větším počtu
- pily (pilusy) jen vzácně
- stavba: bílkoviny uspořádané do duté šroubovice
- funkce: zřejmě umožňuje přilnutí k povrchu (fimbrie) či konjugaci (pily) bakterií





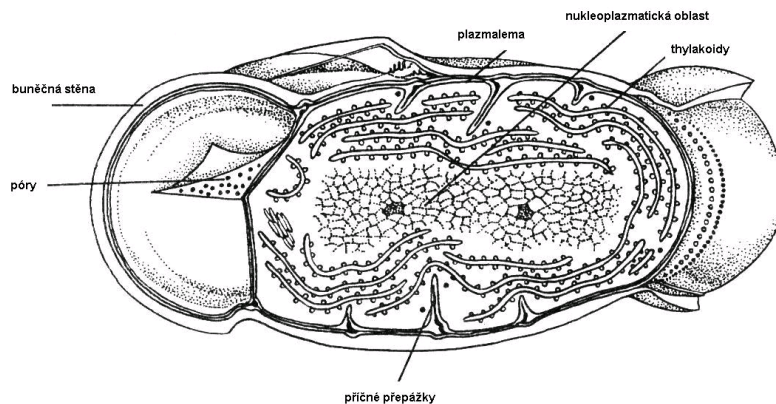
# Mezozóm

- vchlípenina cytoplazmatické membrány heterotrofních bakterií
- funkce:
  - na něj se váže konec DNA (rozpletení DNA)
  - zřejmě aerobní respirace
  - možná souvislost s dělením buňky



# Chromatofory, thylakoidy, chlorobiové váčky

- váčkovité vchlípeniny cytoplazmatické membrány nebo tělíska ohraničená membránou
- obsahují fotosyntetická barviva (bakteriochlorofyl, karotenoidy, chlorofyl, aj.)
- na povrchu **tylakoidů** přichycená zrníčka (**fykobilizomy**) obsahující modré a červené pigmenty



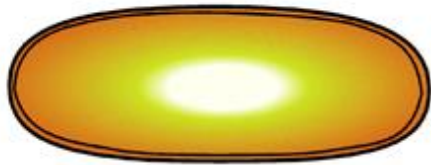
# Plynové vakuoly (pseudovakuoly)

- u fototrofních buněk
- váčky ohraničené membránou, propustné pro plyny a vodu
- funkce: nadnášejí buňku



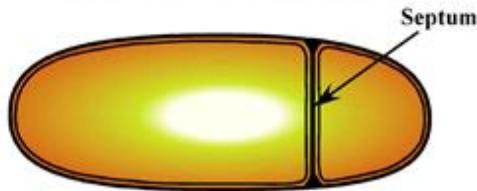
# Endospory

- tvoří se u některých grampozitivních bakterií
- rozdělí se nukleoid a jedna část přejde do tvořící se spóry, pak se tvoří několikvrstevný tuhý obal
- spóry velmi odolné, za příznivých podmínek klíčí
- buňka s endosporou se nazývá klostridie



**Vegetative Cell**

Vegetativní buňka



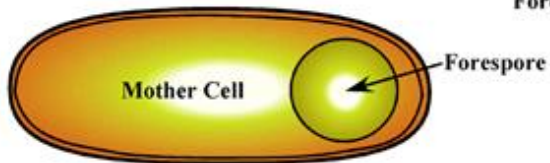
**Stage II**  
Asymmetric Cell Division

Asymetrické buněčné dělení



**Stage III**  
Forespore Engulfment

Vznik spory



**Stages VI+V**  
Spore Cortex and  
Coat Synthesis

Syntéza buněčných obalů (dalších vrstev)

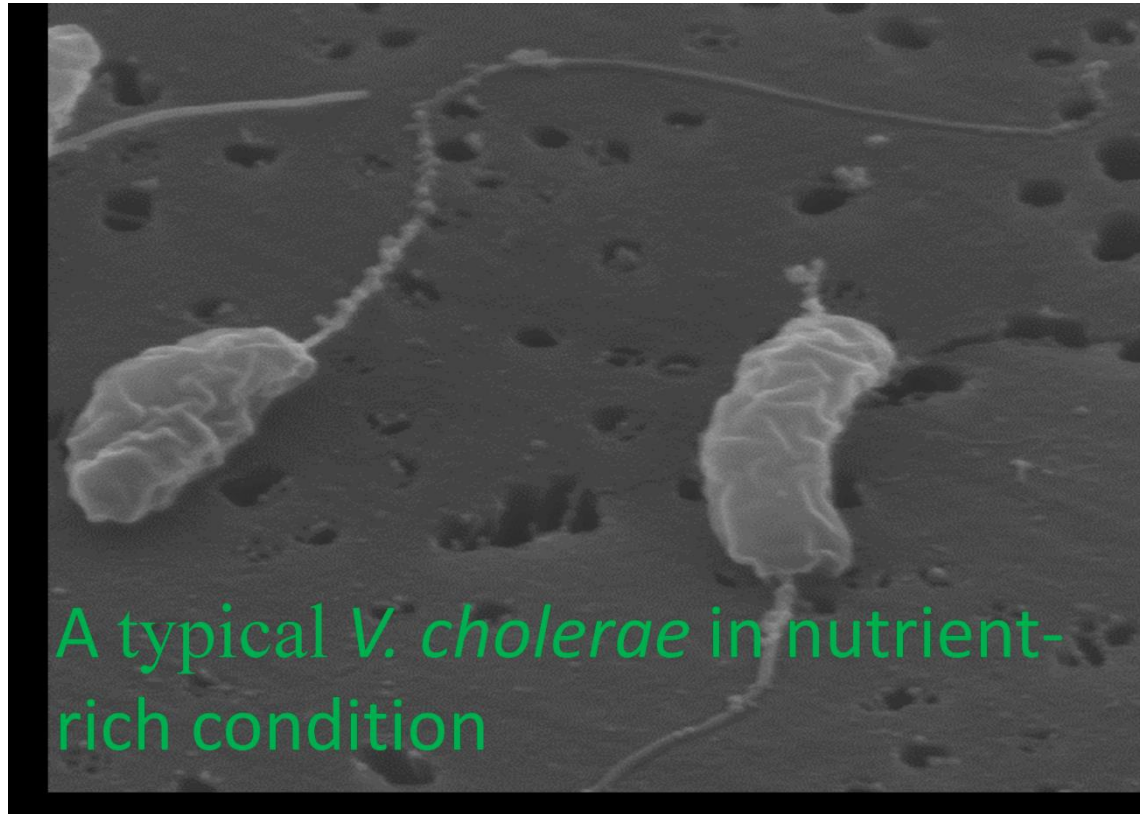
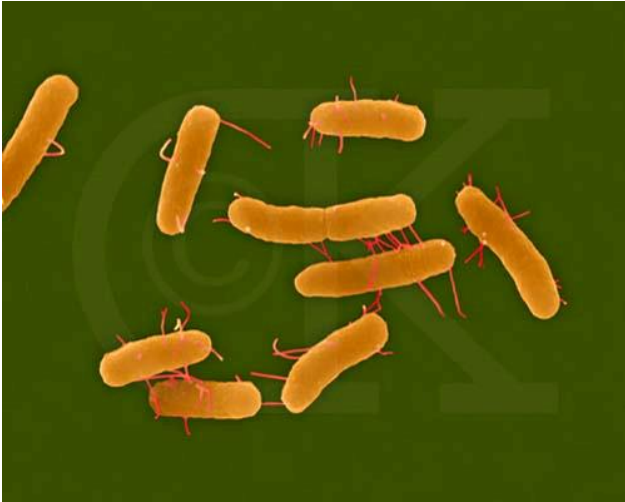


**Stages VI+VII**  
Spore Maturation and  
Mother Cell Lysis

Dozrání spory, lýze mateřské buňky



# Bakterie



A typical *V. cholerae* in nutrient-rich condition

# Výživa bakterií

- autotrofní (C z CO<sub>2</sub>)
  - *fotoautotrofní*: energie ze slunečního záření
  - *chemoautotrofní*: energie z anorganických látek
  - dusík získávají z dusitanů, dusičnanů, amoniaku
- heterotrofní (C z organických látek)
  - *fotoheterotrofní*: energie ze slunečního záření
  - *chemoheterotrofní*: energie z organických látek (dýchání, kvašení)
  - dusík získávají z bílkovin nebo z jiných organických látek
- aerobní (potřebují O<sub>2</sub>)
- anaerobní
  - *obligátně* anaerobní (O<sub>2</sub> je pro ně jed)
  - *fakultativně* anaerobní (O<sub>2</sub> mohou i nemusí mít)

# Výskyt bakterií

- 1) Půda
- 2) Vzduch
- 3) Voda
- 4) Lidský organismus



# Půdní bakterie

- ovlivňují její úrodnost půdy
- humus obsahuje saprofytické bakterie > rozkládají organické zbytky > mineralizace
- **nitrifikační bakterie**: amoniak a dusitany přeměňují na dusičnany (ty mohou rostliny využít)
- **denitrifikační bakterie**: opak nitrifikačních
- **hlízkové bakterie**: dokáží vázat vzdušný dusík a přeměnit ho na dusičnany; žijí v symbióze na kořenech bobovitých rostlin
- **Azotobacter**: žije na rozdíl od hlízkových samostatně; využívá vzdušný dusík nezávisle na ostatních organismech
- **aktinomycety**: vytvářejí antibiotika (streptomycin, aureomycin, tetracyklin, ...)

# Bakterie ve vzduchu

- Do vzduchu se dostávají bakterie z půdy větrem.
- Nejvíce bakterií je ve městech, v průmyslových oblastech.
- Saprophyti i patogenní bakterie.
- Lidé dodávají bakterie do vzduchu mluvením, kýcháním, kašláním > kapénky (sliny a hlen)
- *infekční prach* = zaschlé kapénky (usazuje se při zemi)

# Bakterie ve vodě

- málo bakterií: prameny, horské toky
- zdravotně závadná voda > znečištěná splašky z kanalizace a průmyslovými odpadními vodami
- vodou se přenáší bakteriální choroby (cholera, tyfus, úplavice, ...)
- v moři jsou bakterie ve všech hloubkách

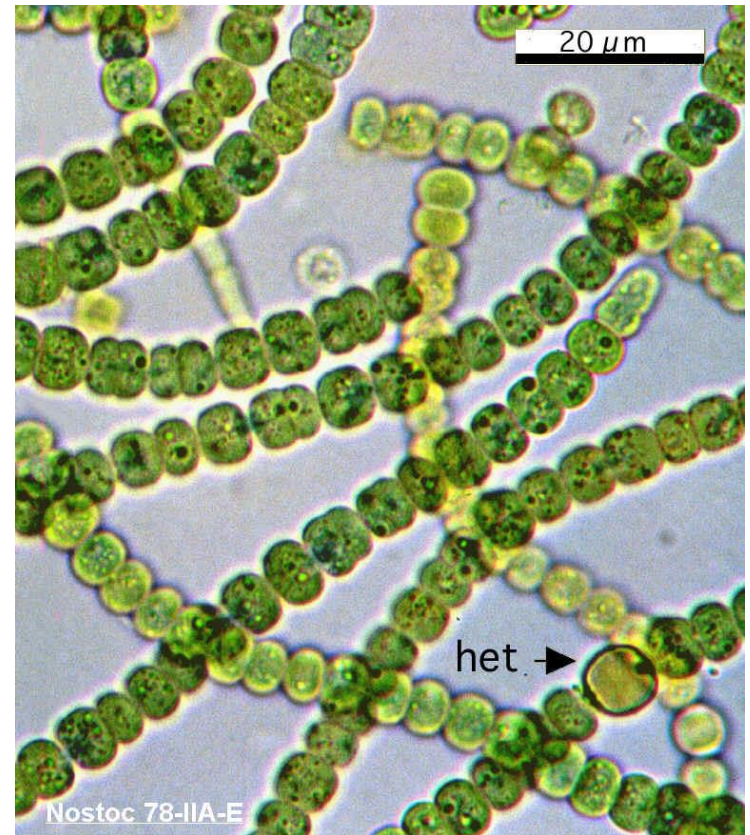
# Bakterie a organismus

- kůže – hlavně vlhká místa (třísla, podpaží, ...)
- ústa, ústní dutina – teplo, vlhko, živí se bílkovinami ze slin
  - *laktobacily*: z cukrů dělají kyselinu mléčnou > odvápnění zubní skloviny > vzniká zubní kaz)
- dýchací cesty - jen v horní části (nosohltan, průdušky), zachyceny sliznicí v nose, řasinkovým epitelem v průdušnici, ve zdravých plicích bakterie nejsou
- střevo
  - *Escherichia coli*: kvasí cukry
  - *kvasné bakterie*: zkvašují nestravitelné polysacharidy (celulóza)
  - *hnilobné bakterie*: zpracovávají zbytky bílkovin > „mrtvolné plyny“ (ptomainy, merkaptány - R-SH, sirné obdoby alkoholů)

- vyšší teploty (dělení bakterií podle optimální teploty):
- bakterie psychrofilní (do 20 °C)
- bakterie mezofilní (20–40 °C)
- bakterie termofilní (55–90 °C)
- ultrafialové světlo (extrémně destruktivní na všechny bakterie)

# Sinice

- Planktonní druhy - tvorba „ **vodního květu** “
  - nashromáždění velké biomasy sinic na vodní hladině – květu“
- Často v různých **symbiózách (fykobiont)**
  - s houbou – **lišejníky (bioindikátory – indikátory čistoty prostředí)**
  - s kapradinami, nahosemennými rostlinami atd.
- Podílely se na tvorbě **travertinu a stromatolitů**.
- Jedna z nejstarších skupin autotrofních organismů. Existovala již v prekambriu (asi 3,5mld. let) dochovány vláknité druhy podobné dnešnímu rodu *Oscillatoria*.
- Tvorba toxických metabolitů:
  - Rody: *Aphanizomenon* , *Microcystis*

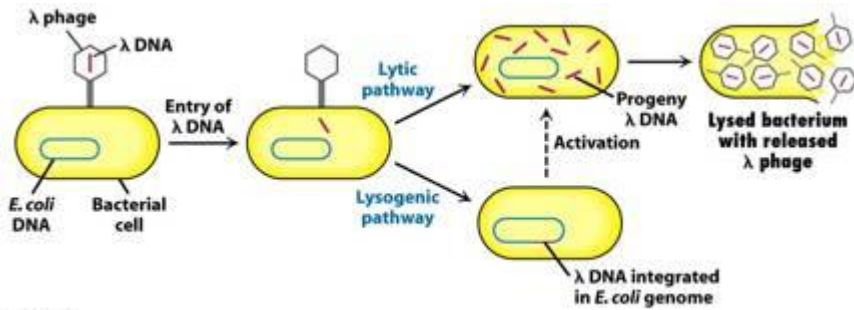
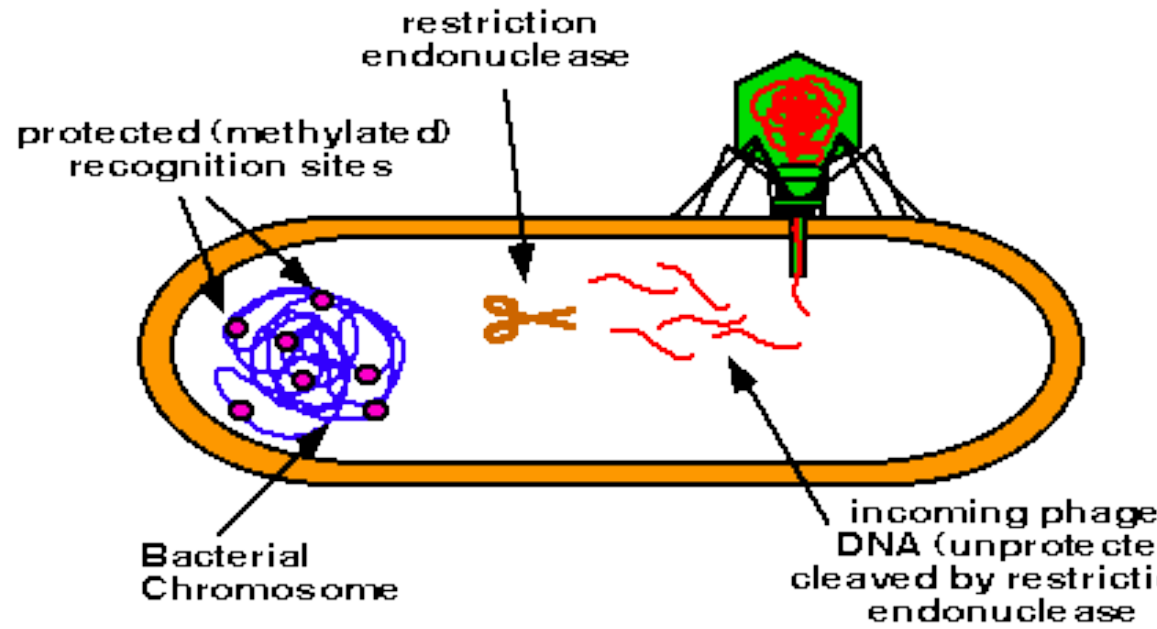


# stromatolity

- jedny z nejstarších geologických útvarů na světě
- vznikly působením sinic
- hříbovité útvary vznikají usazováním především uhličitanu vápenatého v pochvách sinic
- "Živé" stromatolity jsou dnes celkem ojedinělé útvary (nejvíc jich je v Shark Bay v Austrálii a v přílivovém kanálu na Exuma Island na Bahamách )
- v prekambriických horninách se vyskytují velice často
- byly to jedny z nejstarších skupin organismů produkujících kyslík, které svým působením (uvolňováním kyslíku do atmosféry) změnilo složení atmosféry Země až do dnešní podoby.



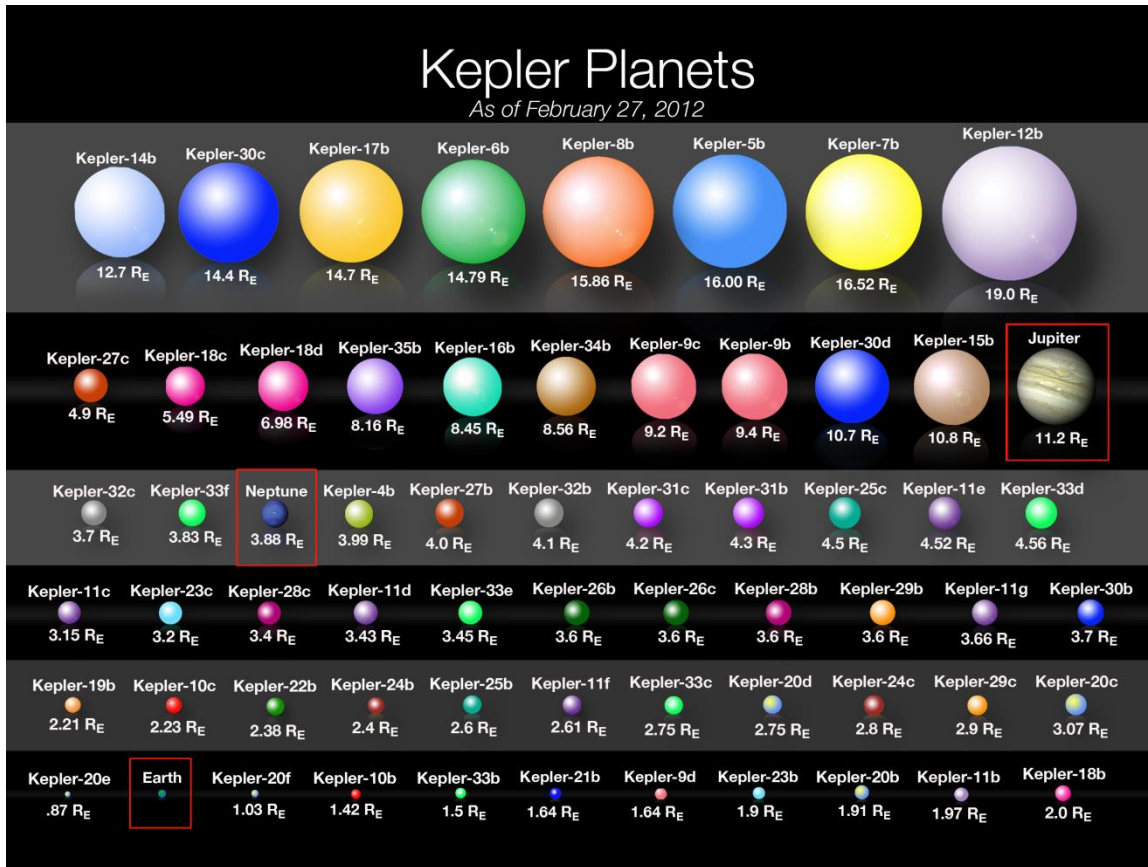
# Bakteriofágvé



[www.blc.arizona.edu/INTERACTIVE/recombinant3.dna/Restriction.htm](http://www.blc.arizona.edu/INTERACTIVE/recombinant3.dna/Restriction.htm)



# Děkuji vám za pozornost



PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁČE  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA  
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ



Mendelova  
univerzita  
v Brně



FOND MIKROPROJEKTŮ