

Účelové
chování
buňky

Účelové chování buňky

- Bakteriální buňka se nachází v dynamicky se měnícím prostředí
- Mění se koncentrace živin, vyčerpání esenciálních živin
- Soutěžení o živiny mezi buňkami téhož druhu a mezi druhy
- Produkce metabolitů (i toxinů)
- Soutěžení o prostor

Účelové chování buňky

- „Aktivní“ reakce bakterií na vnější prostředí

Taxe - pohyb k příhodnějším prostředí
(vyšší koncentrace vhodných živin)
- pohyb z nepříznivého prostředí (vyšší koncentrace negativních látek - toxinů)

Taxe je vykonávána prokaryotickými i eukaryotickými organizmy

Taxe

- **Chemotaxe** – pohyb vyvolaný přítomností chemické látky
Pozitivní chemotaxe – směrem k živinám
Negativní chemotaxe – směrem od toxinů
- **Aerotaxe** – vyvolávaná plynným kyslíkem

Taxe

- **Fotaxe** – pohyb jako reakce na světlo (pozitivní, negativní)
 - Rozpoznávání různých vlnových délek a intenzity světla
- **Magnetotaxe** – pohyb podél magnetického pole Země
- Schopnost přemístit se z kyselého / alkalického prostředí k místu s neutrálním pH

Chemotaxe

- Cílený pohyb buňky v koncentračním gradientu chemické látky (obvykle pomocí bičíku)
- Během pohybu je měněna doba „pobytu“. Ve vyšších koncentracích živin je delší; v nízkých je kratší
- Postupným zjišťováním koncentrace se buňka dostane až k optimální koncentraci
- Proces trvá relativně dlouho, ale buňka se neomylně dostane vždy k optimální koncentraci.
- Buňka se tedy musí neustále adaptovat na stávající koncentraci. Na základě této adaptace může buňka rozpoznat vyšší koncentrace

Fototaxe

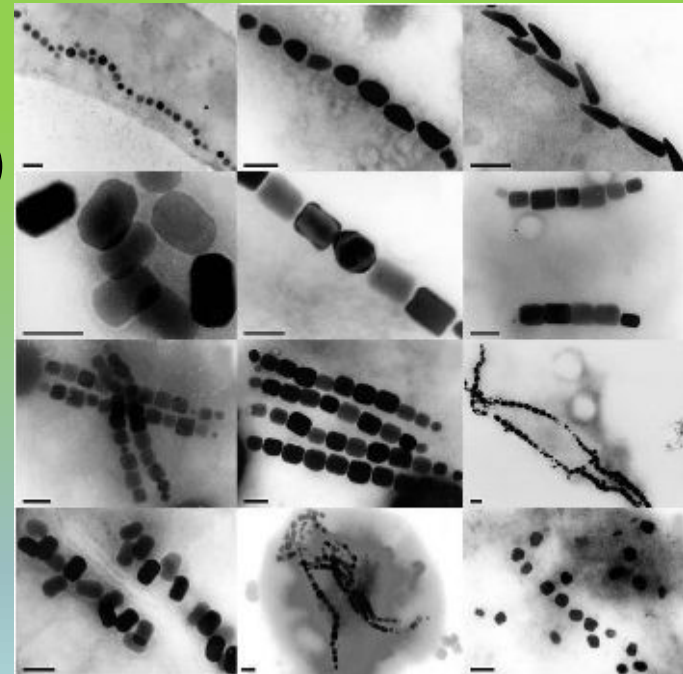
- Orientovaný pohyb bakterií (obvykle s bičíkem) řízený světlem
- Pohyb není závislý na fototrofii (např. *Isosphaera pallida*, klouzavý pohyb, aerob, heterotrof)
- Pozitivní a negativní fototaxe
- Reakce buňky na světlo je závislá na druhu pigmentu (absorpční maximum při různých vlnových délkách). Výsledkem může být potom „nahromadění“ buněk v místě s optimální vlnovou délkou a intenzitou

Fototaxe

- Pohyb bakterií při fototaxi je jiný než u chemotaxe
- Při fototaxi je pohyb označován jako **šokový**
- Pokud se buňka dostane do zastíněného místa velmi rychle se zastaví a změní směr k osvětlenému místu – odpověď na změnu světelných podmínek
- Buňka nedokáže změřit absolutní množství světla, ale velmi přesně reaguje na změnu intenzity světla (s přesností až 5%)

Magnetotaxe

- Schopnost bakterií, jednobuněčných řas a některých prvoků orientovat se v magnetickém poli Země
- **Magnetozomy** – mají vlastnosti permanentního dipólového magnetu. Obsahují feromagnetický minerál magnetit (Fe_3O_4) v čisté formě
- Bakterie v sulfidických sedimentech mohou obsahovat greigit (Fe_3S_4) nebo pyrit (FeS_2)
- V některých případech může být Fe nahrazeno Cu
- Velikost magnetozómů: 30-120nm, počet :5-40 v buňce
- Morfologicky různé



Magnetotaxe

- Pohyb buňky je pasivní podél siločar magnetického pole Země přímým pohybem (buňky jsou „pasivně taženy) pomocí magnetické síly vznikající mezi magnetickým dipólem buňky a magnetickým polem Země
- Průměrná rychlost magnetotaktických bakterií je $150\mu\text{m/s}$
- Zvláštním případem je seskupení koků sdružených po 10-30 buňkách do multicelulárního útvaru obdaného společnou vrstvou

Magnetotaxe

- Podle typu magnetického materiálu a vztahu ke kyslíku existují 3 základní fyziologické skupiny magnetotaktických bakterií
 - Mikroaerofilní (svrchní vrstva vodního sloupce) v magnetozómech **magnetit**
 - Fakultativně anaerobní (větší hloubky s nižší koncentrací O_2) v magnetozómech **pyrit**
 - Obligátní anaerobové (nejspodnější vrstvy) v magnetozómech **greigit**

Komunikace mezi organizmy ve společenstvu – **Quorum sensing**

- Quorum sensing je účelové chování buněk vycházející ze **změny počtu jedinců** dané populace
- Quorum sensing umožňuje bakterii vnímat a reagovat na změny v denzitě bakterií v daném prostředí
- Mechanismus spočívá v produkci chemických signálních molekul **autoinduktorů – účelová komunikace mezi buňkami**
- Dosažení prahové koncentrace autoinduktoru pak vede k ovlivnění exprese genů – změna fyziologického chování buňky
- Klíčem procesu je celkový počet bakterií ve vztahu ke kapacitě jejich okolí
- Pokud se v oblasti nachází pouze několik buněk, nic se nestane. Jestliže je přítomno mnoho buněk, autoinduktor se vyskytuje v koncentraci vyšší, což vyvolá u buněk specifické chování

Quorum sensing

- Komunikace probíhá formou signálu – **generování signálu** → **přijmutí signálu**
- Signálem je chemická látka, **autoinduktor** – malá bílkovina, oligosacharid, mastná kyselina nebo jejich kombinace
- Každý druh má svoje signály, které nejsou rušeny signály jiných druhů
- Signály se uplatňují jak v rámci druhu, tak i mezidruhově („quorum sensing cross talk“)

Quorum sensing

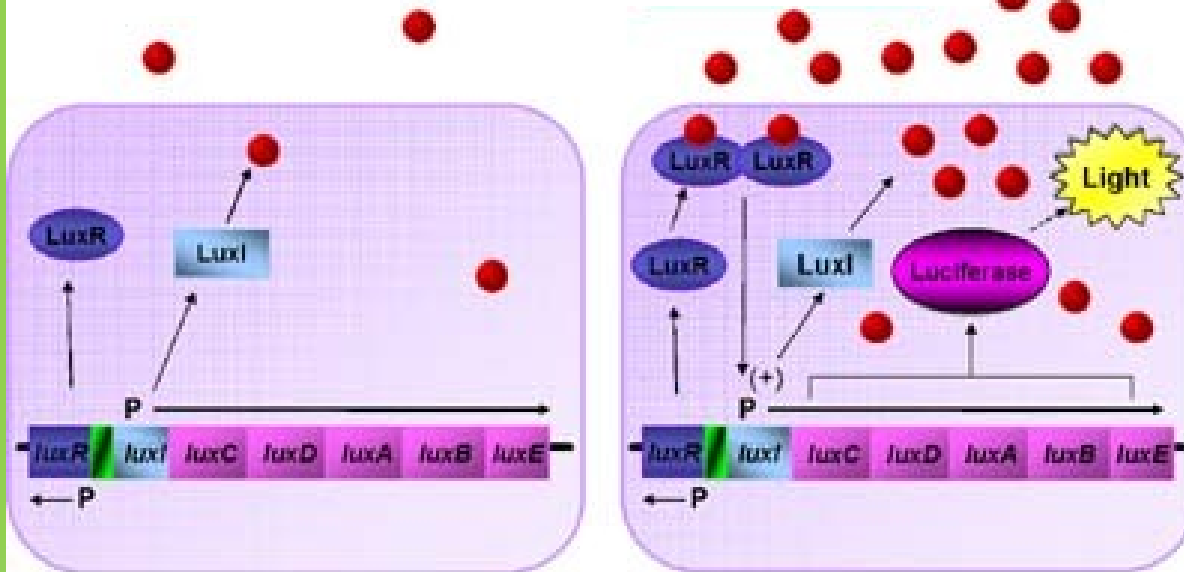
!!! Ekonomika buňky: produkce extracelulárních signálů až nad určitou hustotou populace !!!

- Načasování rozmístění faktorů virulence v hostiteli je kritický bod – patogen se může hromadit bez vykazování virulence
- Více než 4% z téměř 6 000 genů *P. aeruginosa* regulováno pomocí quorum sensing

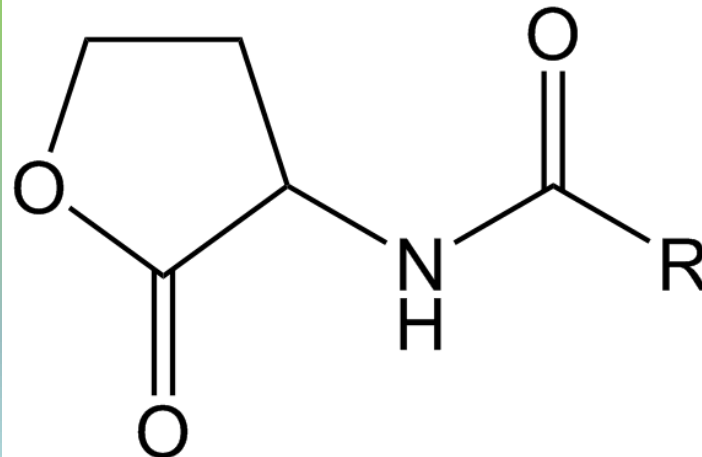
Quorum Sensing

nízka koncentrace buněk

vysoká koncentrace buněk



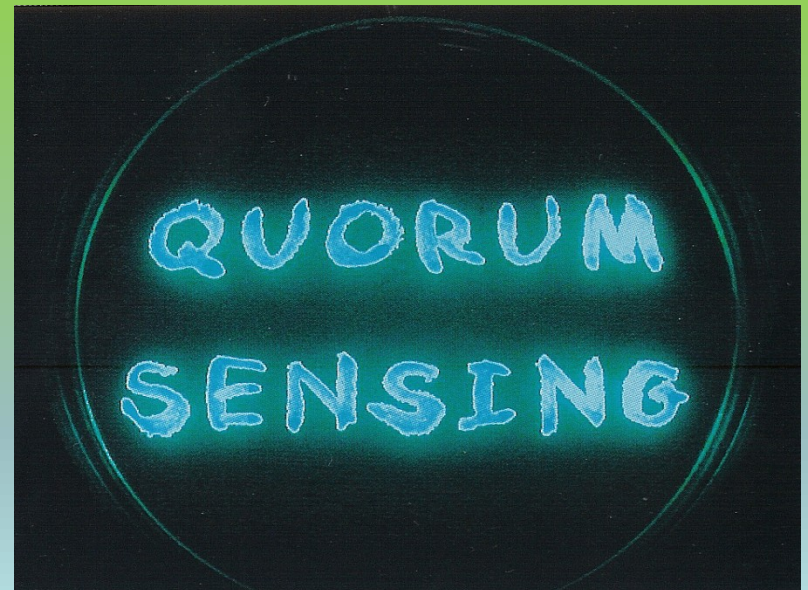
● = Acyl-homoserine lactone (AHL)



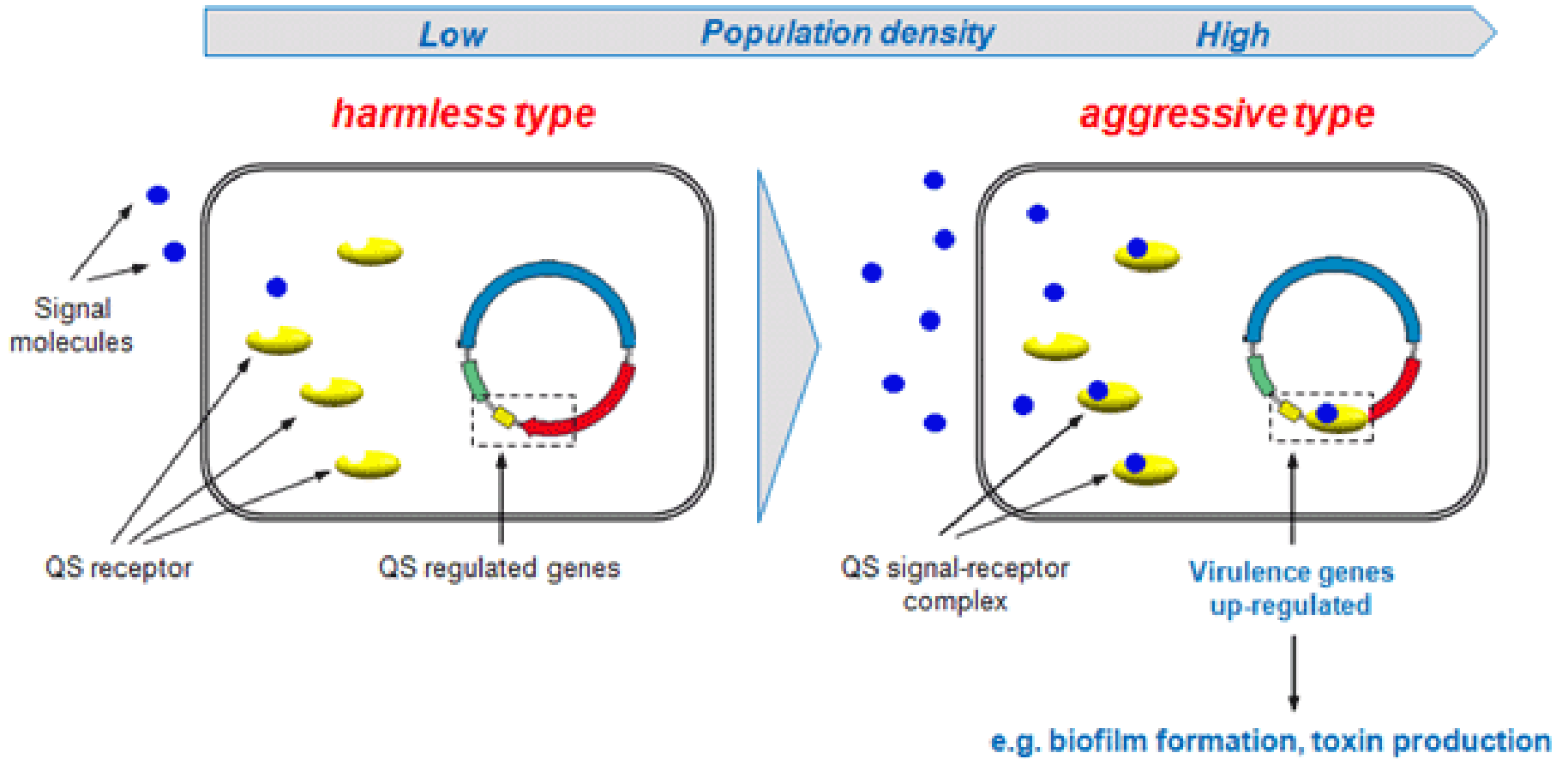
Quorum sensing

- Přítomnost určitého množství buněk daného druhu (druhů) navozuje symbiózu mezi organizmy, virulenci, produkci antibiotik
- Umožňuje populaci koordinovat odpověď na danou situaci

Vibrio fischeri – bioluminiscence pouze po dosažení určitého počtu buněk



Quorum sensing



komplex se váže na specifický promotor QS regulovaných genů

Nejprostudovanější QS systémy

- *Agrobacterium tumefaciens*
 - kontrola konjugace Ti plazmidu
- *Erwinia carotovora*
 - regulace exoenzymů a produkce antibiotik
- *Pseudomonas aeruginosa*
 - tvorba biofilmu a faktory virulence
- další pseudomonády

Quorum sensing

- Nejčastější procesy ovlivňované Quorum sensing u **G⁺ bakterií**
 - Kompetence pro transformaci
(*Streptococcus pneumoniae*)
 - Sporulace (*Bacillus*)
 - Produkce faktorů virulence
(*Staphylococcus aureus*)
 - Vývoj vzdušného mycelia
(*Streptomyces griseus*)
 - Produkce antibiotik (*Streptomyces griseus*)

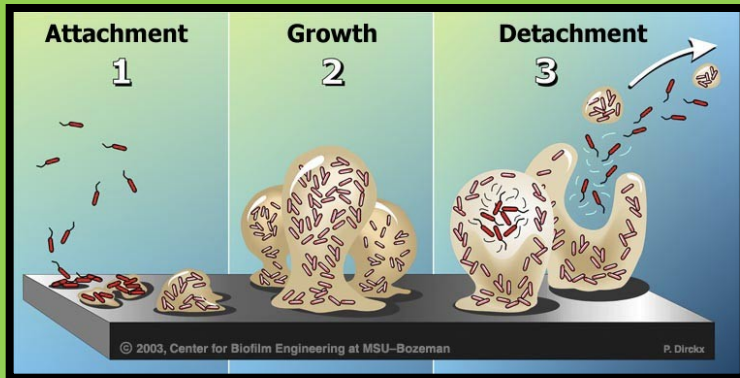
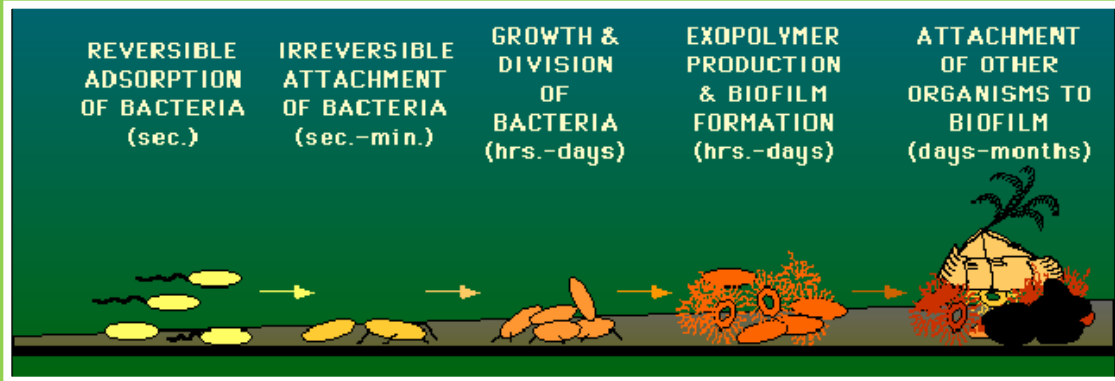
Quorum sensing

- Nejčastější procesy ovlivňované Quorum sensing u **G⁻ bakterií**
 - Bioluminiscence (*Vibrio fischeri*)
 - Produkce faktorů virulence
(*Pseudomonas aeruginosa*)
 - Konjugace (*Agrobacterium tumefaciens*)
 - Produkce antibiotik (*Erwinia carotovora*,
Pseudomonas aureofaciens)
 - Tvorba biofilmu (*Pseudomonas aeruginosa*)

Biofilm

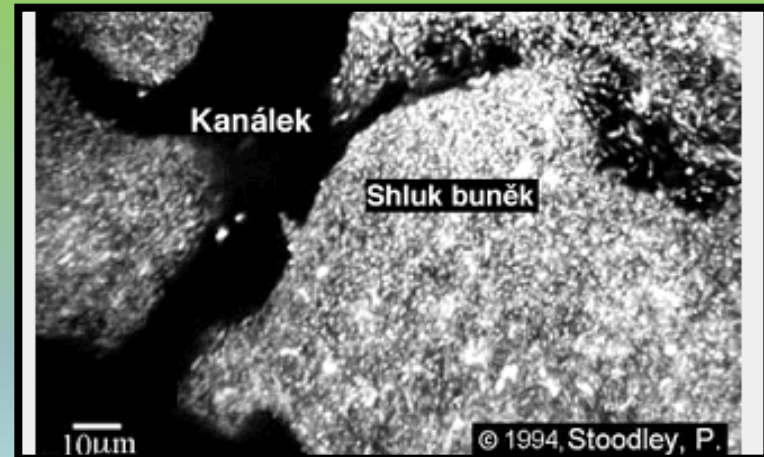
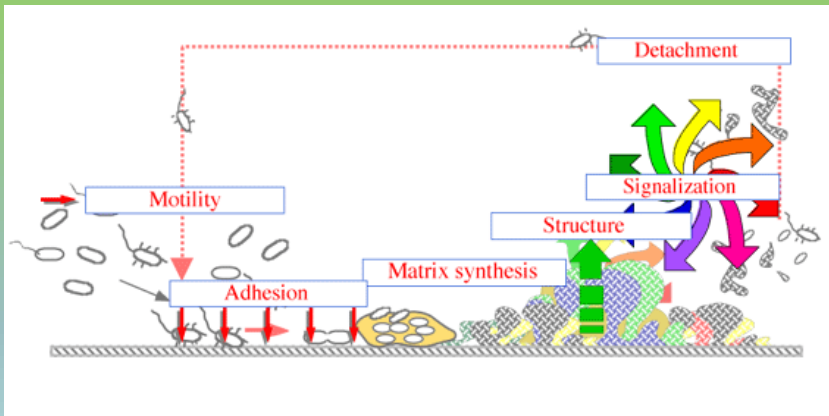
- Biofilm je „nahromadění“ mikroorganismů rostoucích na pevném substrátu (biologický i nebiologický).
- Biofilm je charakterizován strukturální heterogenitou, genetickou diverzitou, komplexem interakcí uvnitř společenstva a extracelulární matrix tvořenou biologickými polymery
- Tvorba biofilmu začíná připojením volných buněk k pevné podložce. První buňky (pionýrská populace) jsou k podložce připojeny slabými, reverzibilními van der Waalsovými silami. Pokud nejsou buňky spontánně odděleny mohou se vázat pevnějšími vazbami, na počátku adheziny (ale je možné využít i pili)

Tvorba biofilmu

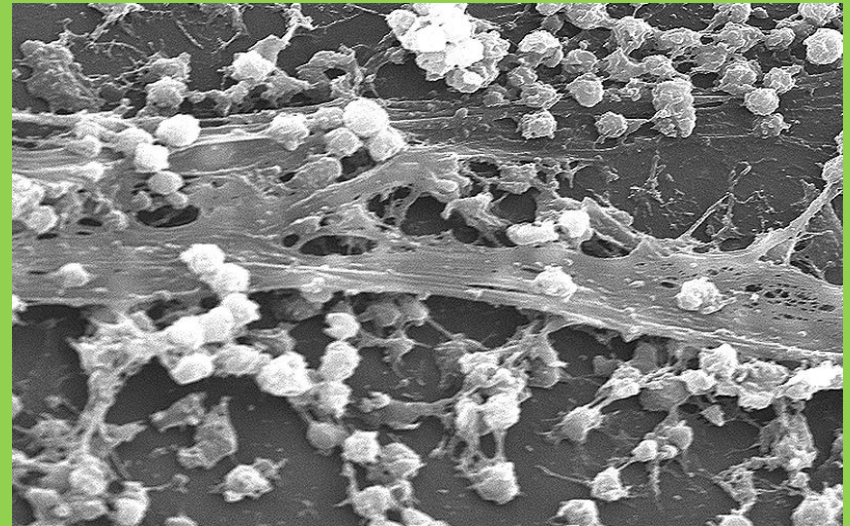


...společenství buněk usazených v glykokalyx, přichycených k povrchu nebo okolním buňkám, se změněným fenotypem růstu a jinou transkripcí genů

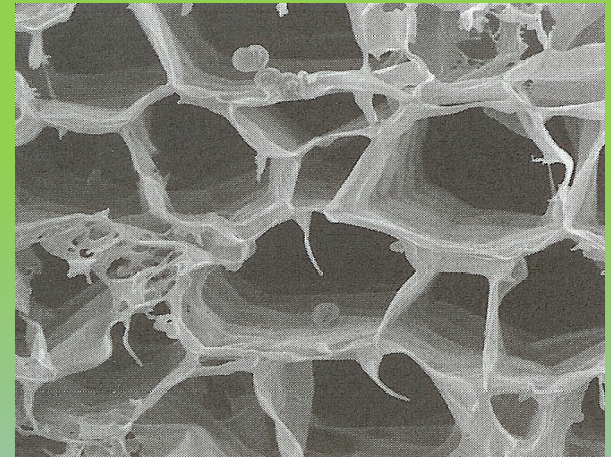
přirozené prostředí, průmysl, těla živočichů, bioengineering, klinický materiál...



Biofilm



Stafylokok na povrchu katétru



Biofilm v Národním parku Yellowstone (zvýšení je až půl metru)



Zvláštnosti biofilmu

Přenos genů mezi buňkami až 1 000x větší

Vyšší rezistence k ATB a dezinfekci (H₂O₂, chlor)

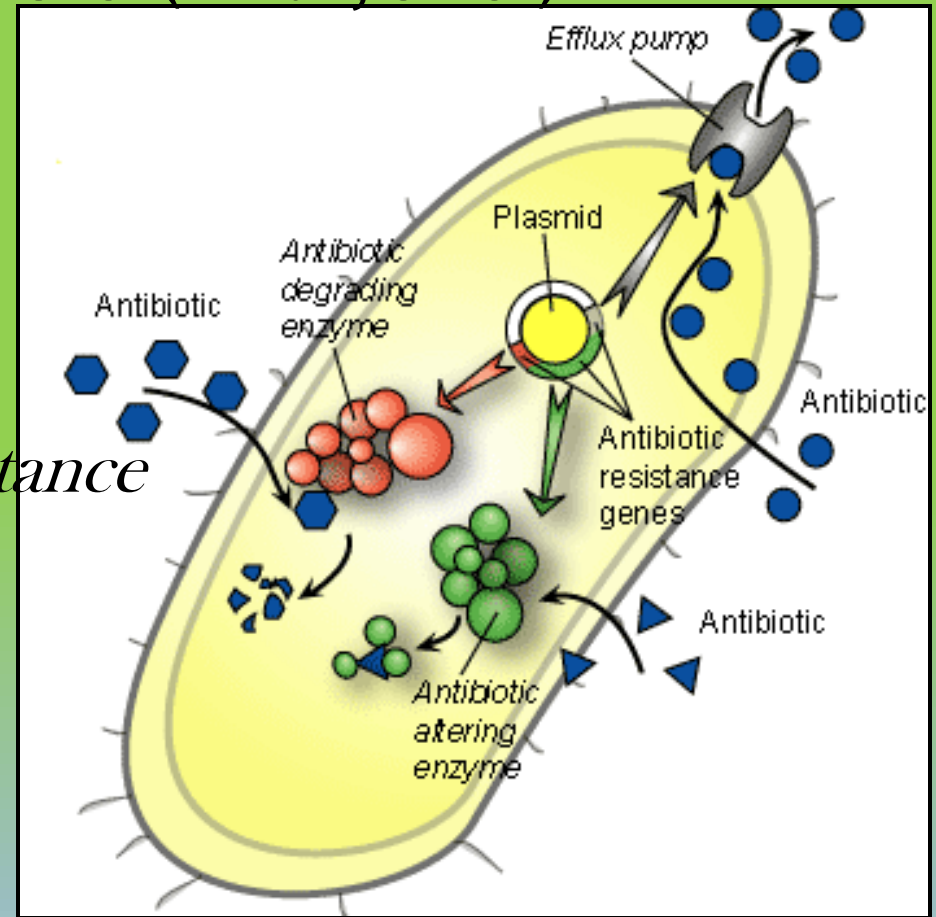
- omezená difúze
- sorpce ATB
- klidový stav, hladovění
- změna genotypu:

geny mar - multiple ATB resistance

- efflux systém
- enzymatická degradace
- modifikace cílových mlk

Speciální sigma faktory

Signální mechanismy



Biofilm v lidském těle

výhoda biofilmu – perzistence a R k ATB

- pH při rozkladu zásobních cukrů poškozuje sklovinu zubu
- silně redukující prostředí v kapsách pod dásní – proliferace anaerobů

Zubní povlak

- A. van Leewenhoek
- periodontitida

Střevní sliznice

Infekce

- sliznice nebo uvnitř tkáně;
- endokarditida
 - trvalý biofilm na chlopních (hlavně streptokoky a stafylokoky; nebezpečí z krvácivých dásní..)
- rány; bércové vředy; spáleniny

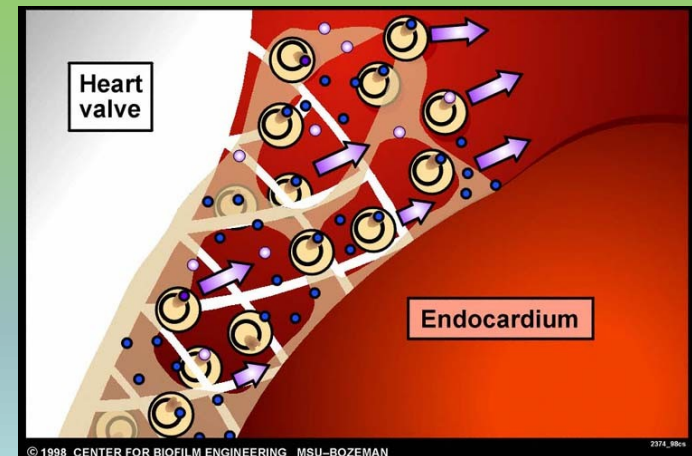
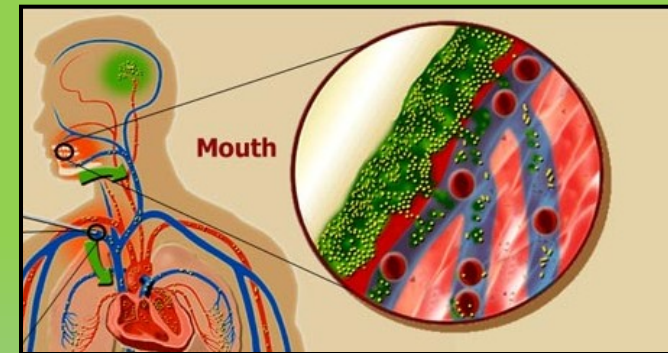
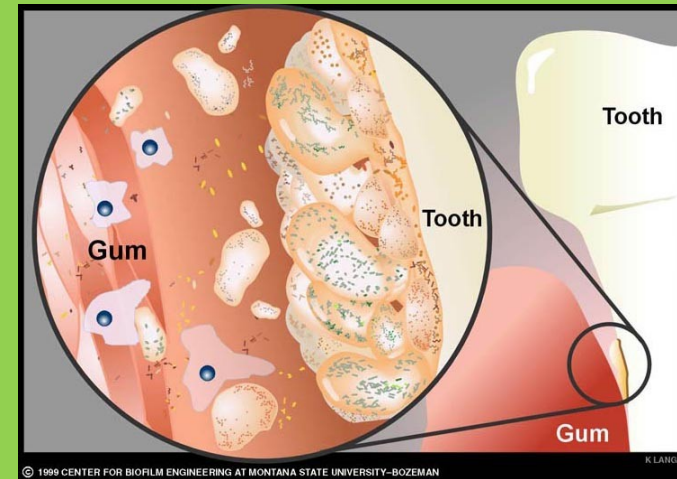
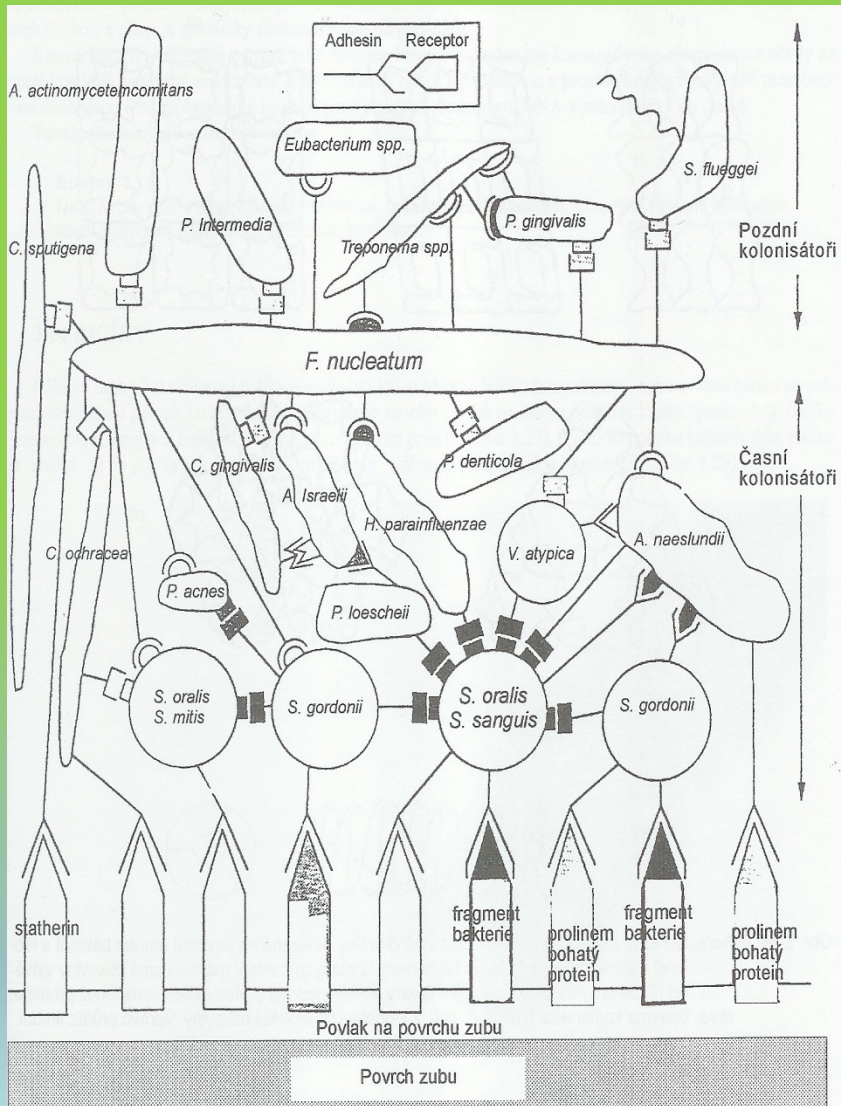


Schéma zubního plaku



- Zubní plak obsahuje více než 37 rodů a 300 druhů bakterií (cca 20 druhů streptokoků)
- Na buňky vázané na zubní sklovině se pomocí adhezínů pevnějšími nebo slabšími vazbami váží další buňky
- Různé bakterie přednostně adherují a kolonizují různá místa dutiny ústní