

Typy distribuce parazitů

Rozšíření parazitů a biodiverzita: distribuce, migrace, vytváření PHS a organizace nik

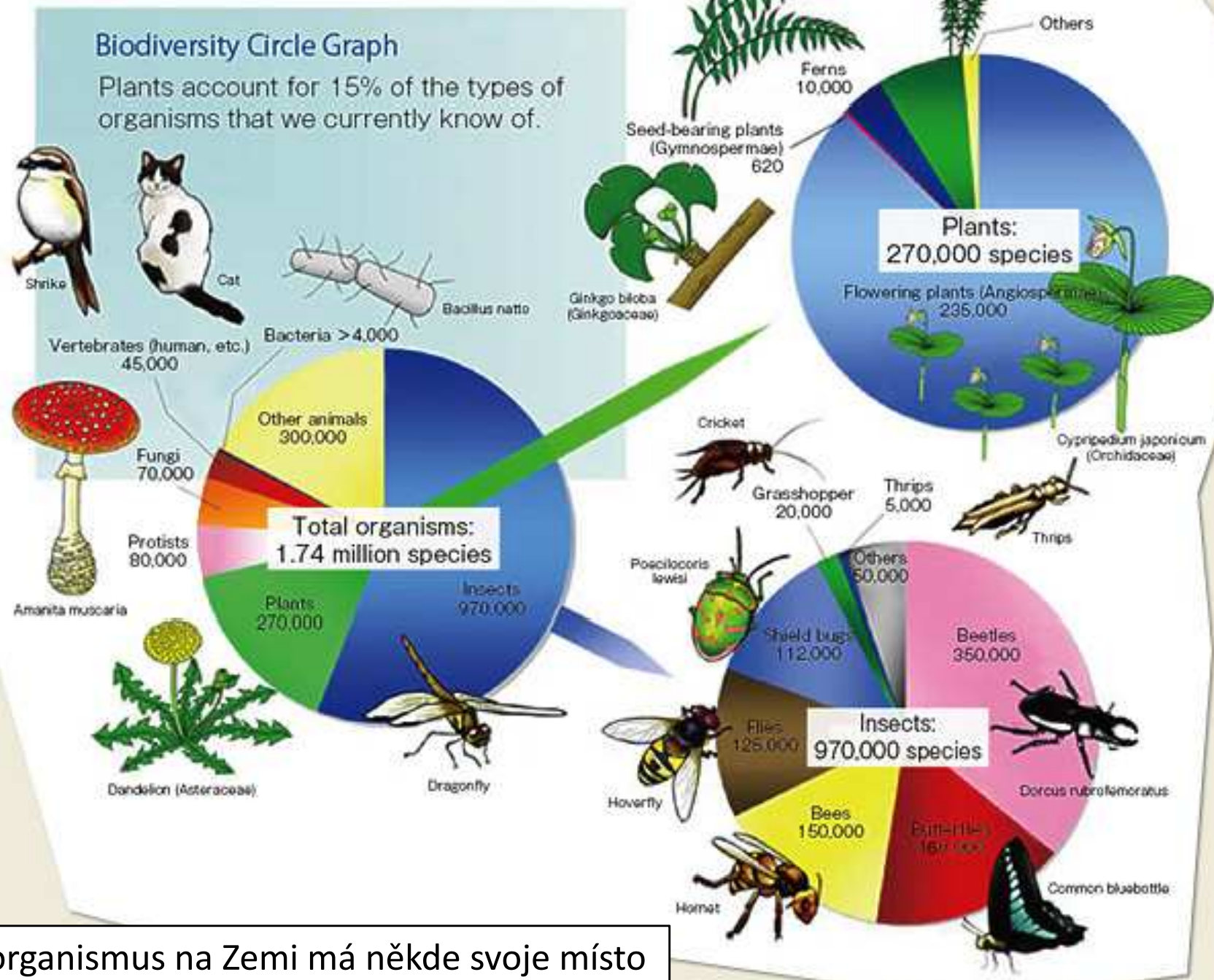


(PHS = parazito-hostitelský systém)

Globální biodiverzita a distribuce cizopasníků

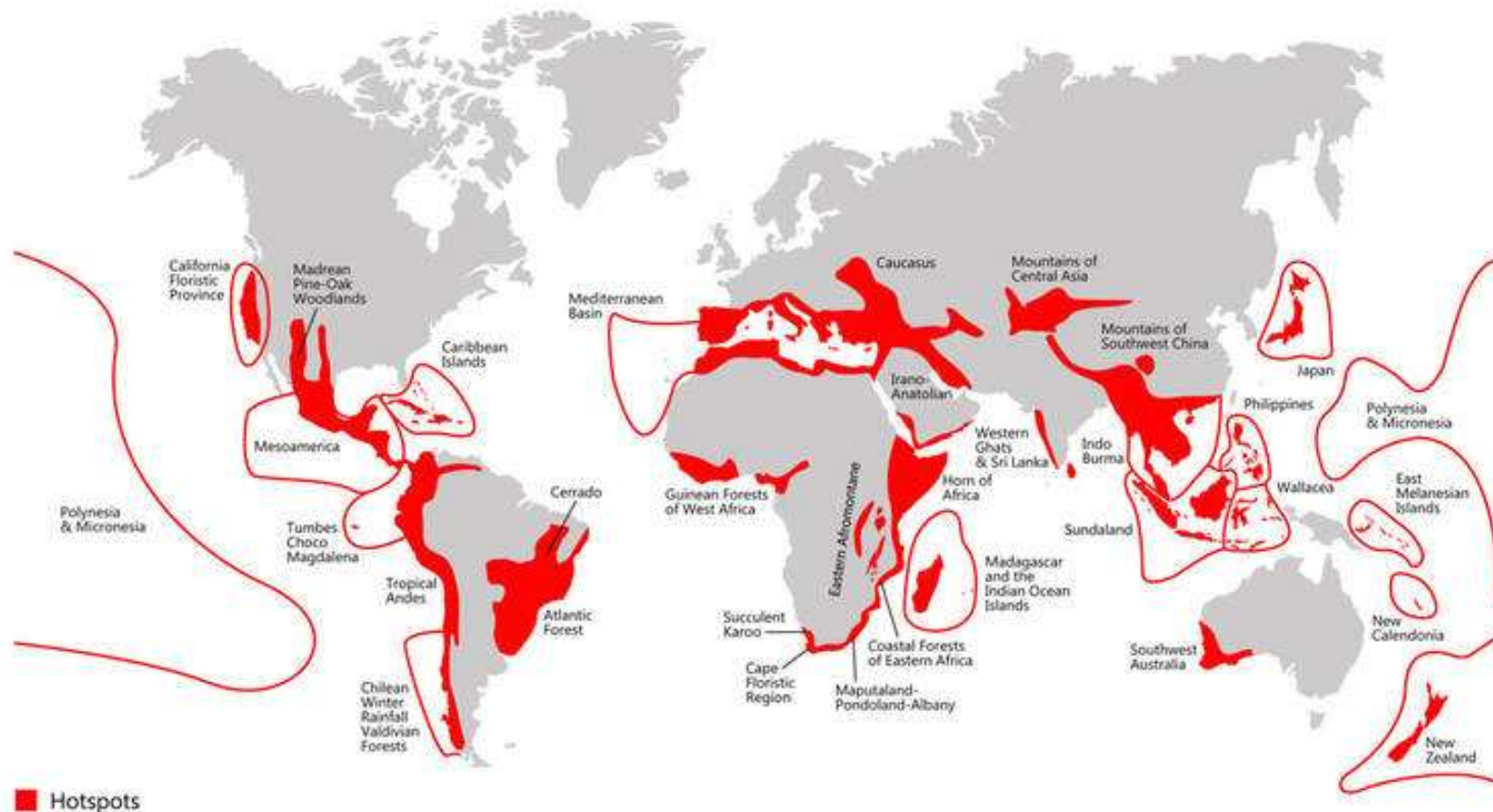
- **Odhady globální biodiverzity za posledních 20 let hovoří o 3 až 10 milionech druhů, zatímco formálně bylo popsáno cca 2 milionu. Získání spolehlivých odhadů existujících druhů je obtížné, zejména proto, že mnoho druhů může celosvětově vyhnout dříve, než byly klasifikovány a formálně pojmenovány.**
- **Paraziti mají často nerovnoměrné (agregované) prostorové rozmístění a jsou skryti v hostitelích, což ztěžuje jejich detekci a odběr vzorků; a to pak vede ke špatným znalostem o diverzitě a distribuci parazitů.**
- **Tyto obtíže stále přispívají k typické absenci údajů o parazitech v různých situacích, například:**
 - v ekologických průzkumech obecně
 - při indexaci biologického hodnocení
 - ve studiích potravních sítí a při hodnocení rizik vyhynutí živočichů.

Co je biodiverzita ?



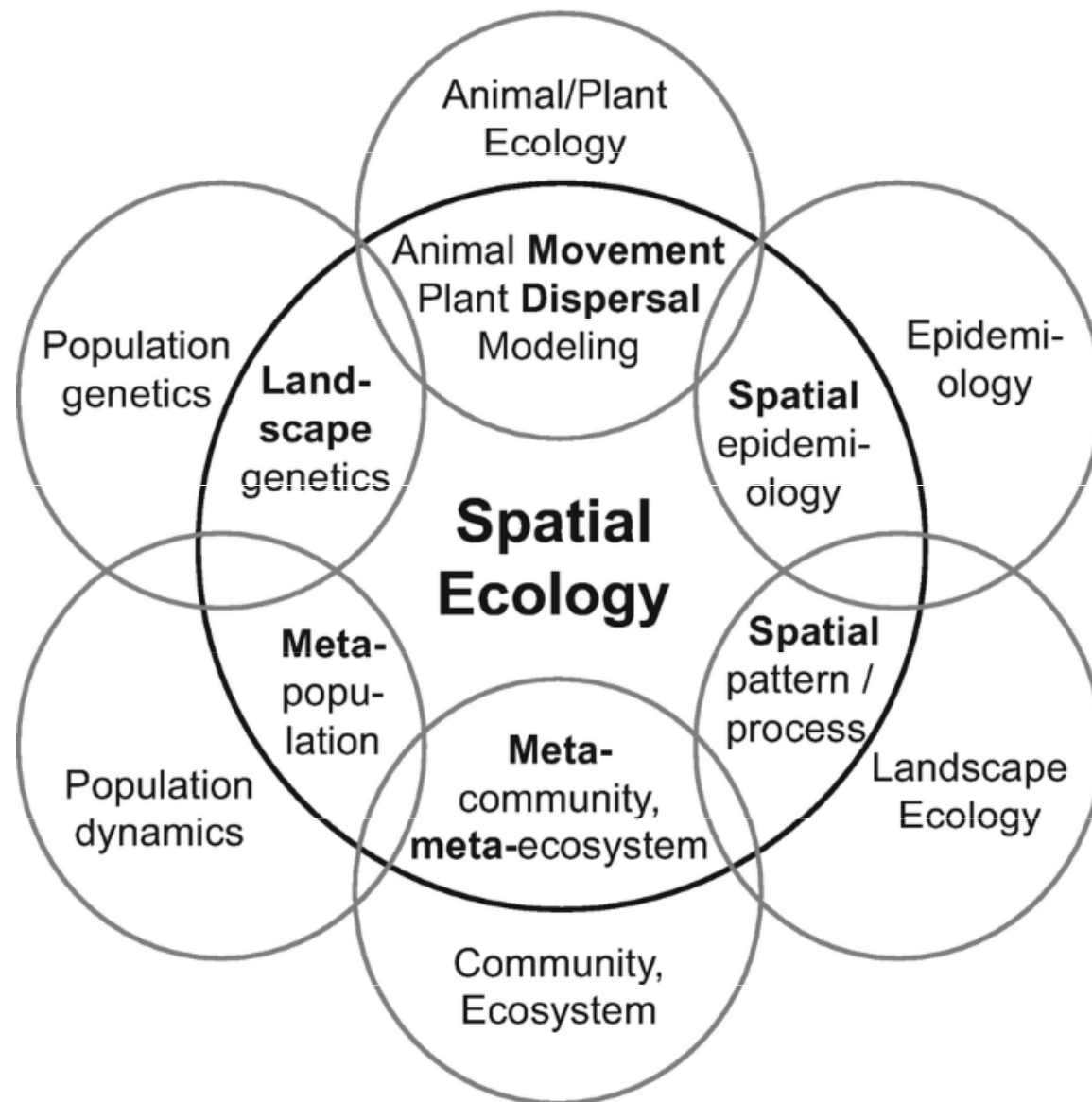
Každý organismus na Zemi má někde svoje místo

Hotspoty biologické rozmanitosti

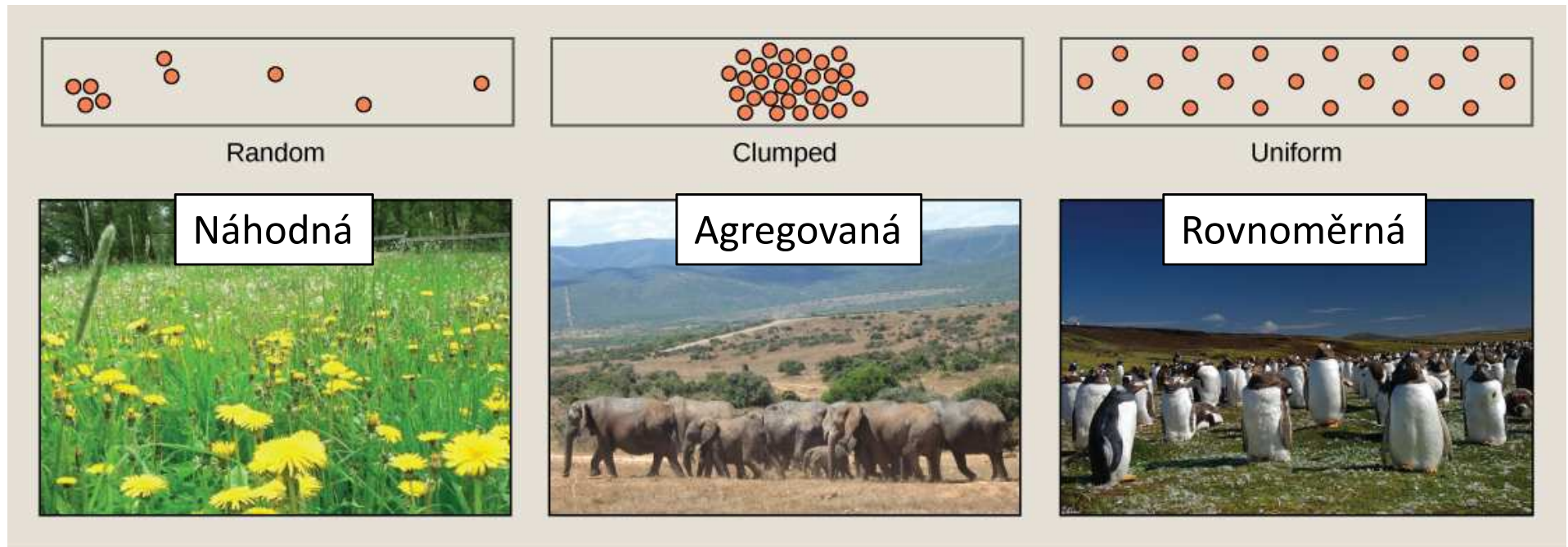


Musí mít **alespoň 1 500 cévnatých rostlin jako endemity** – což znamená, že musí mít vysoké procento rostlinného života, které se nenachází nikde jinde na planetě. Jinými slovy, hotspot je nenahraditelný. **Musí mít 30 % nebo méně původní přirozené vegetace. Jinými slovy, musí být ohrožena. Po celém světě se 35 oblastí kvalifikuje jako hotspoty. Podporují více než polovinu světových rostlinných druhů jako endemity – tj. druhy, které se jinde nevyskytly – a téměř 43 % druhů ptáků, savců, plazů a obojživelníků jako endemity.**

Spatial ecology – prostorová distribuce organismů



Ekologie: tři typy distribuce



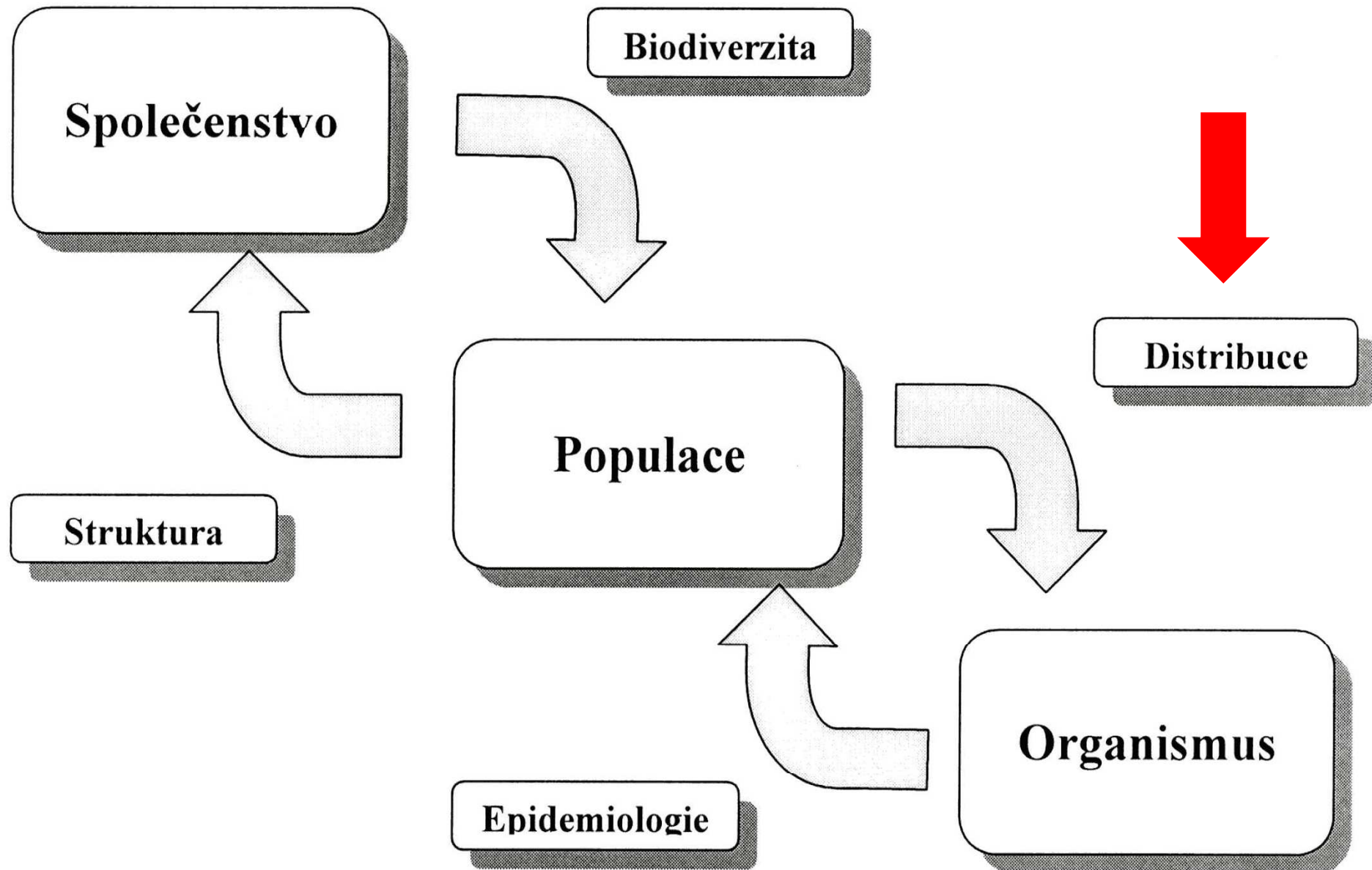
(a)

(b)

(c)

Obor: Biogeografie – distribuce mezi kontinenty, regiony ...

Schématické znázornění tří hierarchických úrovní studia živočichů



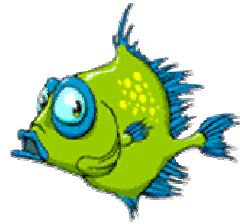
Distribuce: První zákon parazitismu !

- Základním aspektem **vztahu mezi parazity a hostiteli je distribuce parazitů mezi hostiteli**, v typickém případě shluková nebo **agregovaná**, což bylo popsáno jako "**první zákon parazitismu**„ (Poulin, 2007).
- Agregace má velmi významné **důsledky jak pro hostitele, tak pro parazity**, protože ovlivňuje **jejich genetiku a evoluci** a má rovněž **mnoho důsledků pro veřejné zdraví a hospodaření s hospodářskými zvířaty**.

Distribuce parazitů (●) v populaci hostitele



Většina jedinců nemá
žádné parazity



První zákon parazitismu

Počet hostitelů

Mnoho jedinců má jen
1 parazita

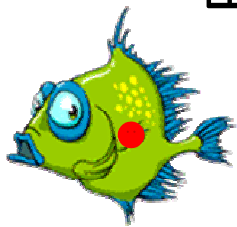
Několik jedinců
má většinu parazitů



0

Počet parazitů na hostitele

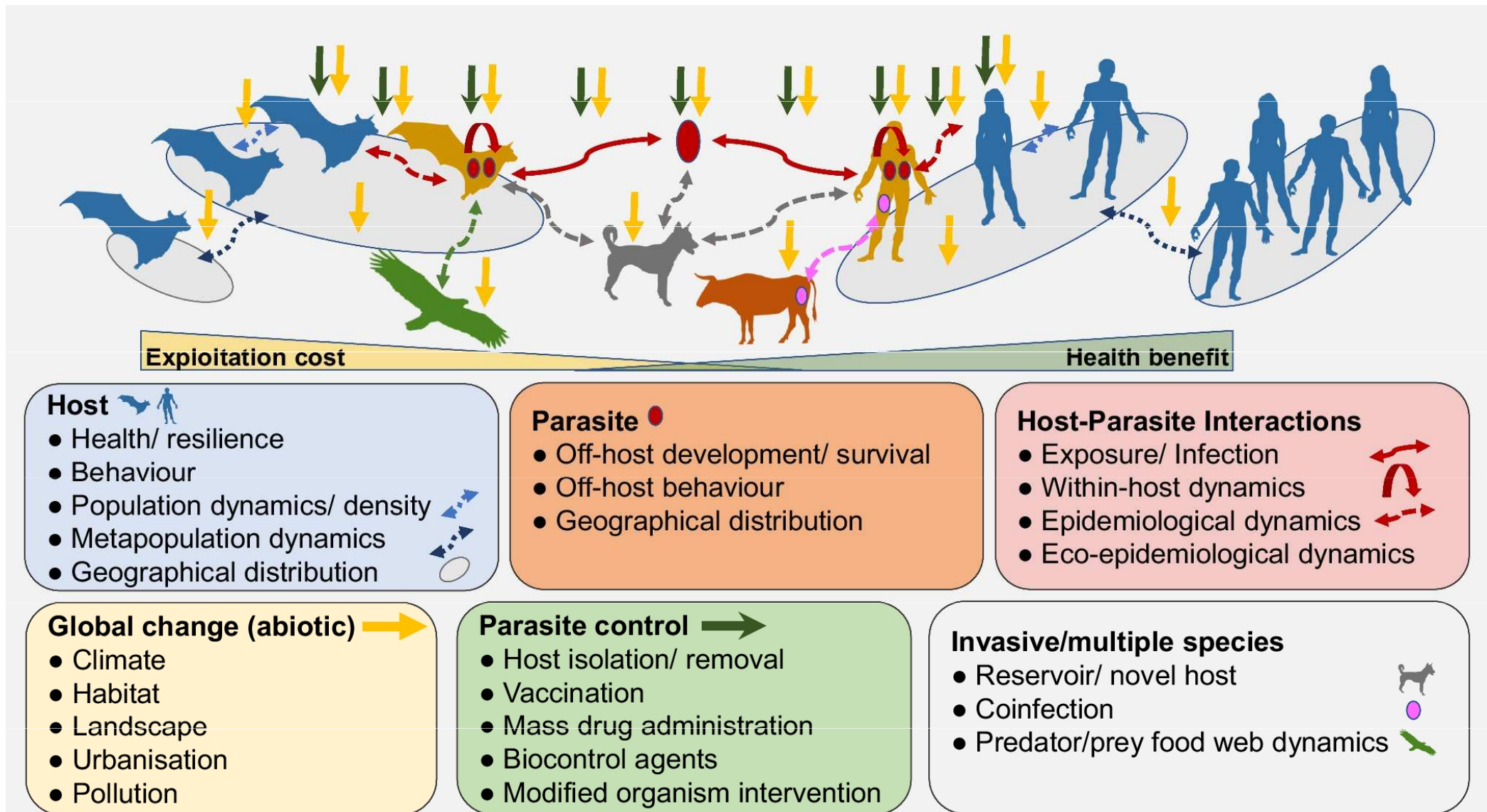
15



Agregace stabilizuje !

- Bylo prokázáno, že **agregace ovlivňuje ekologii** parazitů tím, že **stabilizuje populační dynamiku** hostitel-parazit a **usnadňuje mezidruhovou ko-infekci** v důsledku zvýšené náchylnosti hostitele.
- Agregace také **ovlivňuje evoluci** parazitů např. **zvýšením úrovně vnitrodruhové kompetitivní interakce a rychlosti adaptivní diverzifikace** parazitů v rámci hostitele.
- V souladu s tím **agregace parazitů na hostitelích ovlivňuje/usnadňuje přenos infekčních lidských nemocí !**

Schéma vzájemných interakcí mezi hostitelem a parazitem u lidí a volně žijících živočichů v době globálních změn



Distribuce parazitů a studium ekosystémů

- **Paraziti jsou nejen velmi rozmanité druhy, ale také velmi důležití pro ekologii.** Jsou však také **nejméně chráněni** snahami o zachování ekosystémů, což se v poslední době stalo předmětem zvláštního zájmu jak s ohledem na zrychlující se tempo výskytu nemocí, tak na rostoucí uznání ekologického významu mnoha parazitů.
- **Změny prostředí a/nebo hostitelů vedou k vystavení novým selektivním tlakům, které vedou k novým znakům vyžadujícím vytvoření niky, což je činnost, která může poskytnout vhled do vývoje vedoucího k evoluci nových interakcí mezi hostitelem a parazitem.**

Paraziti – hostitelé a podmínky prostředí

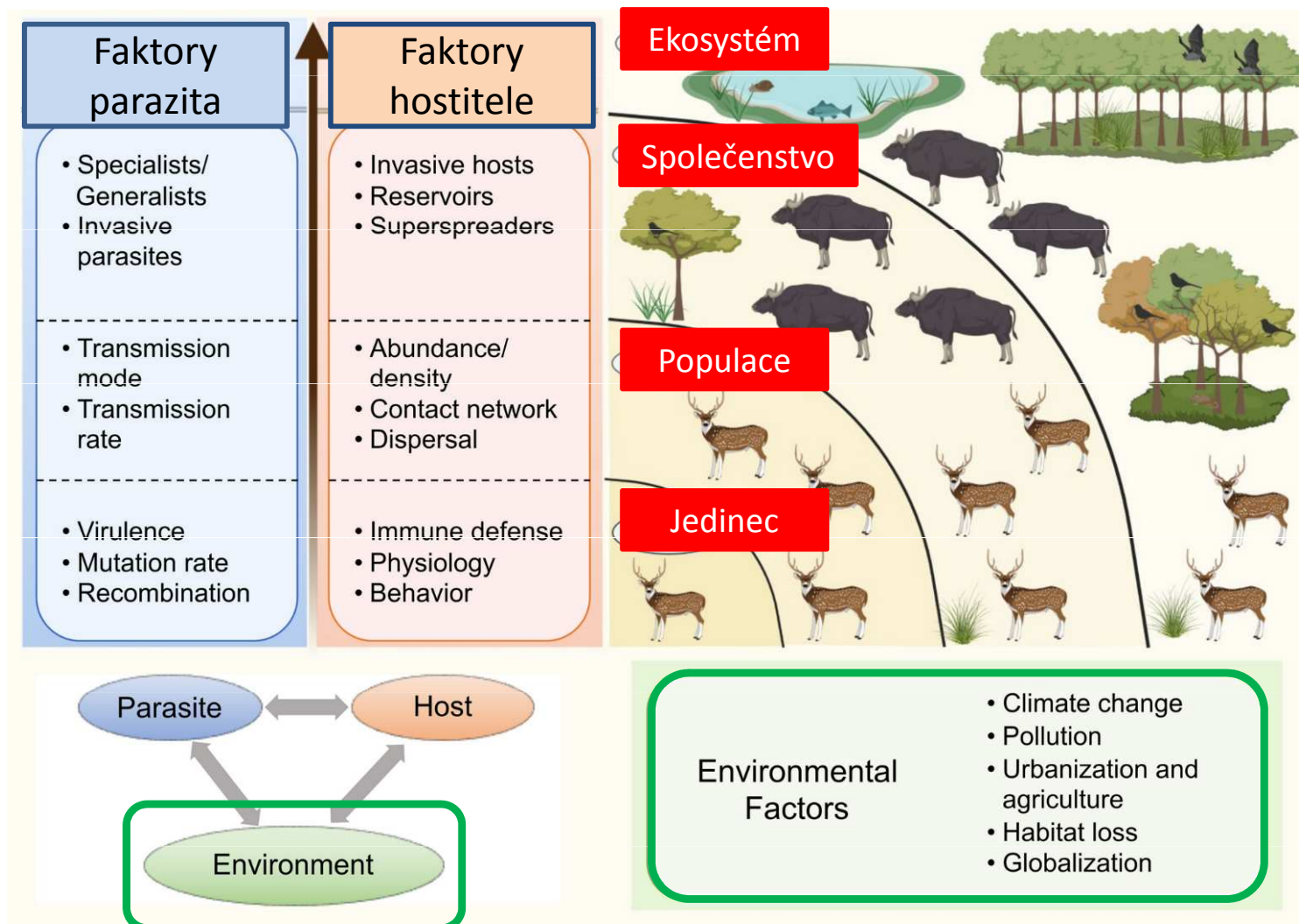
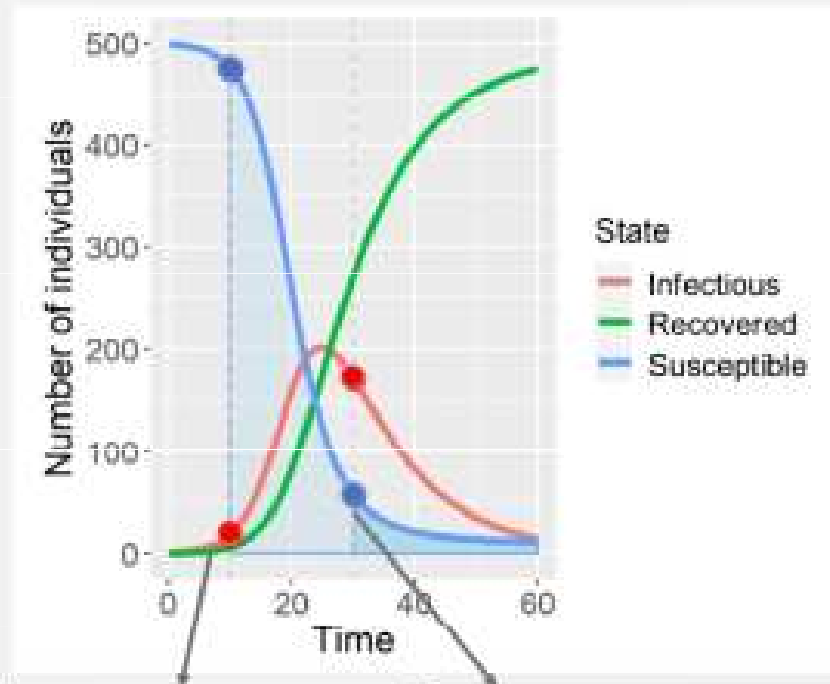


Schéma znázorňující **hostitele, parazita a faktory prostředí ovlivňující dynamiku onemocnění napříč měřítky biologické organizace, na úrovni jednotlivce, populace, společenstva a ekosystému**. Je pozoruhodné, že vliv hostitelských a parazitárních faktorů na dynamiku onemocnění na každé úrovni se často vzájemně nevylučuje a může se pohybovat od jednotlivců až po populace a na úrovni komunit/ekosystémů.

Prevalence *versus* heterogenita prostředí

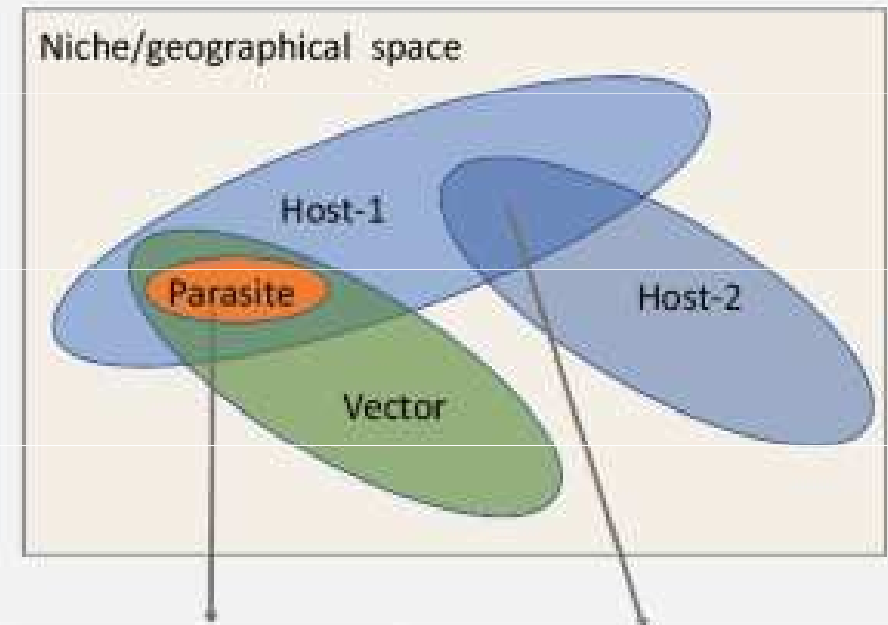
A Procesy dynamiky infekce



Prevalence nízká,
velký počet vnímavých
hostitelů, vysoká kapacita
regulačních mechanismů
infekce

Prevalence vysoká,
malý počet vnímavých
hostitelů, nízká kapacita
regulačních mechanismů
infekce

B Prostorová heterogenita prostředí



Distribuce parazita
omezena výskytem
hostitele a vhodnými
ekologickými
podmínkami
a/nebo vektorem

Příležitostné kontakty
dvou druhů hostitelů
jsou mimo niku/
geografický rozsah
prostoru kde může
parazit perzistovat.

Životní strategie cizopasníků

(upraveno podle Esch a Fernandez 1993)

- **kolonizační strategie:**

distribuce cizopasníků

**způsoby přenosu a šíření
ontogenetické migrace
cizopasníků**

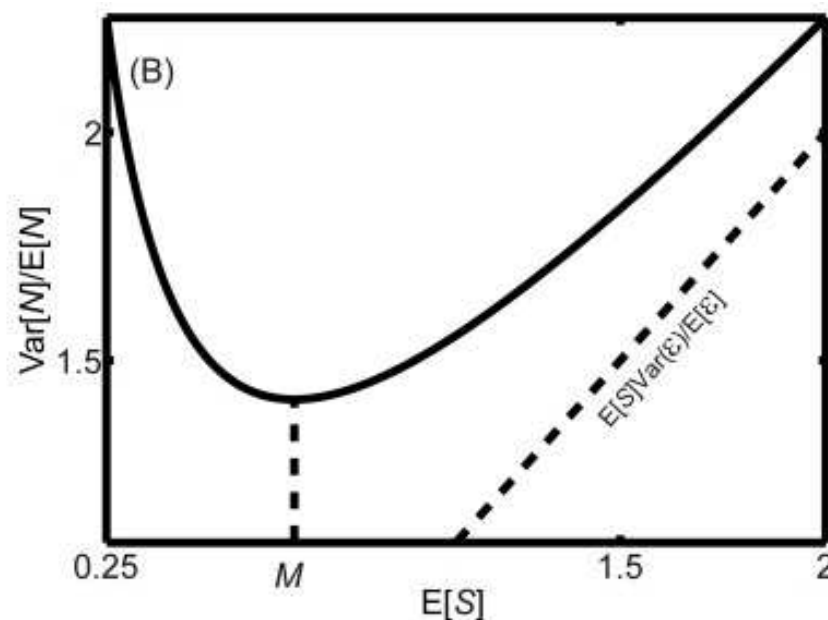
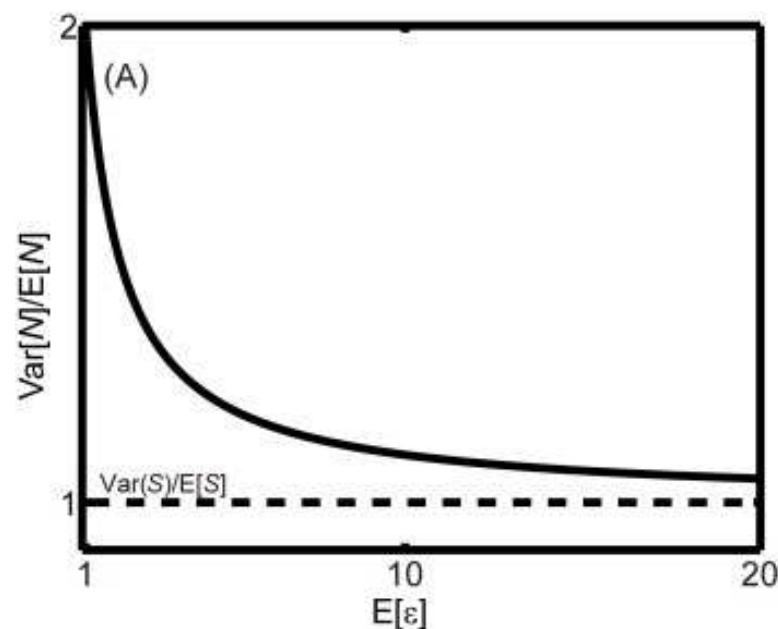
- **reprodukční strategie:**

**typy životních cyklů
rozmnožování cizopasníků
dynamika populací**



Hierarchické úrovně parazitologie

distribuce	populace	společenstvo
geografická	úroveň druhu	regionální
hostitelská specificita	suprapopulace	Supraspolečenstvo
frekvenční distribuce	Metapopulace (component)	Metaspolečenstvo
lokalizace (mikrohabitat)	infrapopulace	infaspolečenstvo



Obrázek ilustruje, jak se agregace liší buď v závislosti na míře setkání hostitele s parazitem, nebo na úspěchu parazita (při infikování hostitelů).

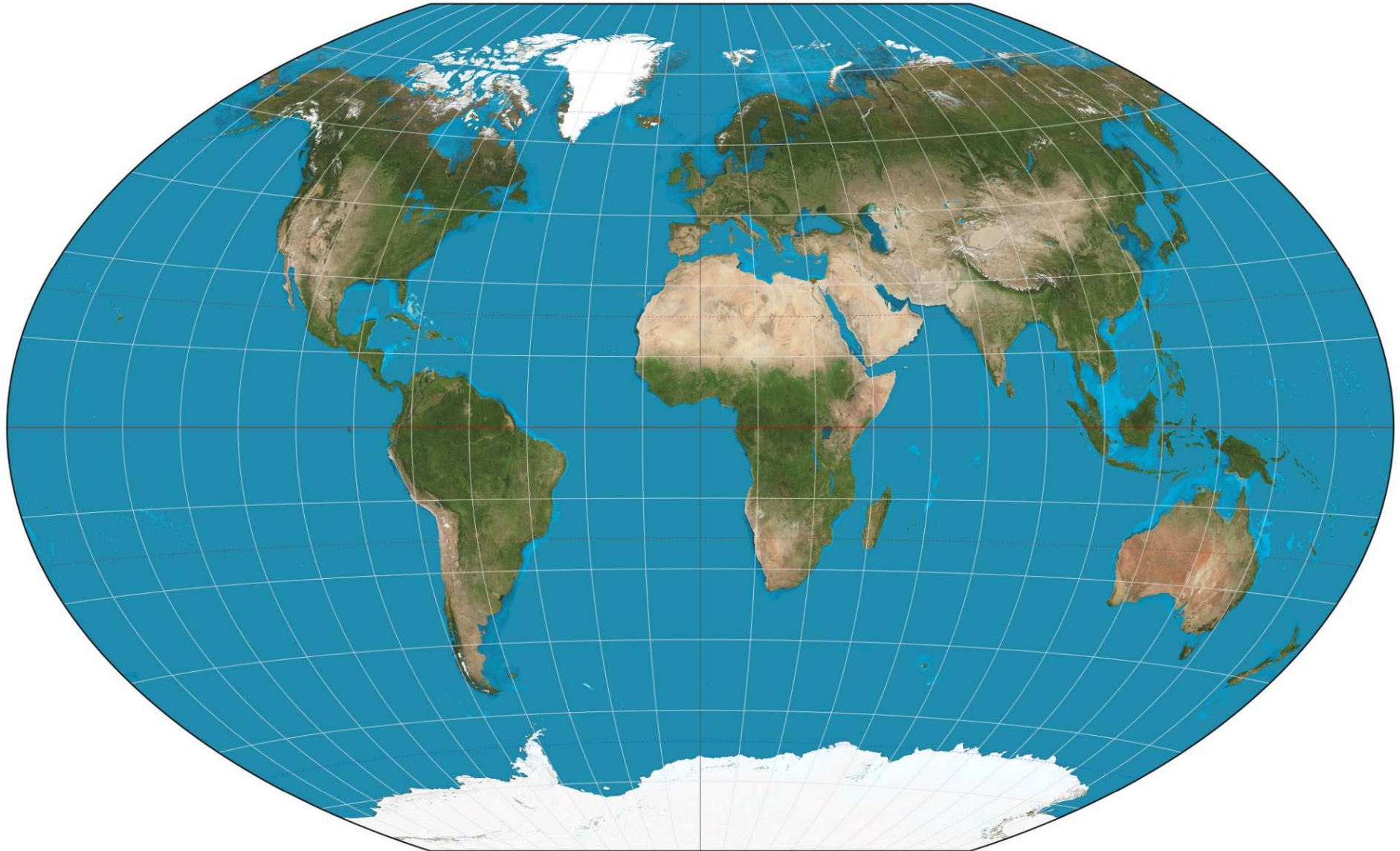
Čtyři typy distribuce cizopasníků

- Geografická distribuce
- Hostitelská specificita (mezi různými druhy hostitelů)
- Frekvenční distribuce (v hostitelské populaci)
- Mikrohabitat distribuce (lokalizace v organismu hostitele)

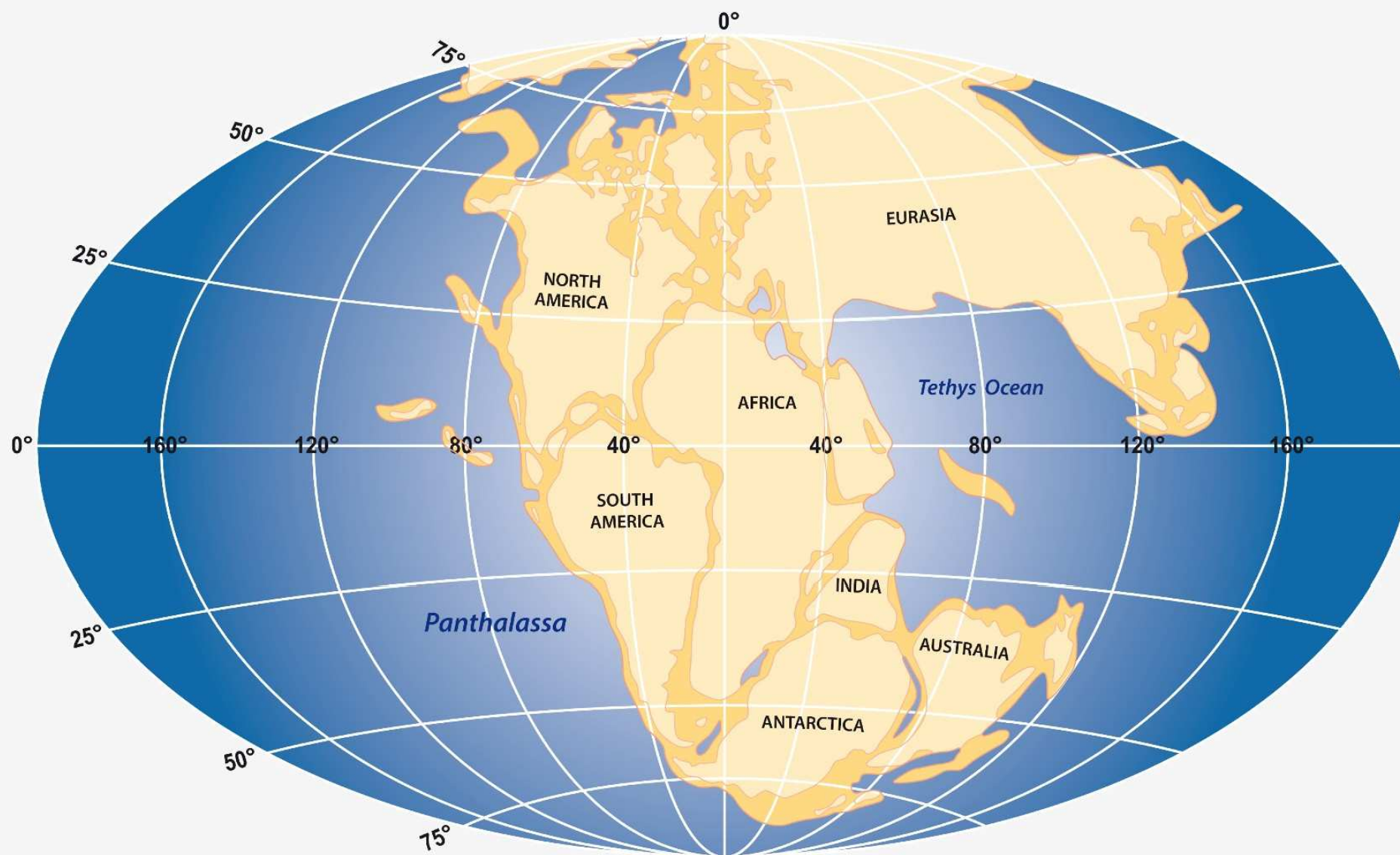
Typy distribuce cizopasníků

- **Geografická distribuce**
- Hostitelská specificita (mezi různými druhy hostitelů)
- Frekvenční distribuce (v hostitelské populaci)
- Mikrohabitat distribuce (lokalizace v organismu hostitele)

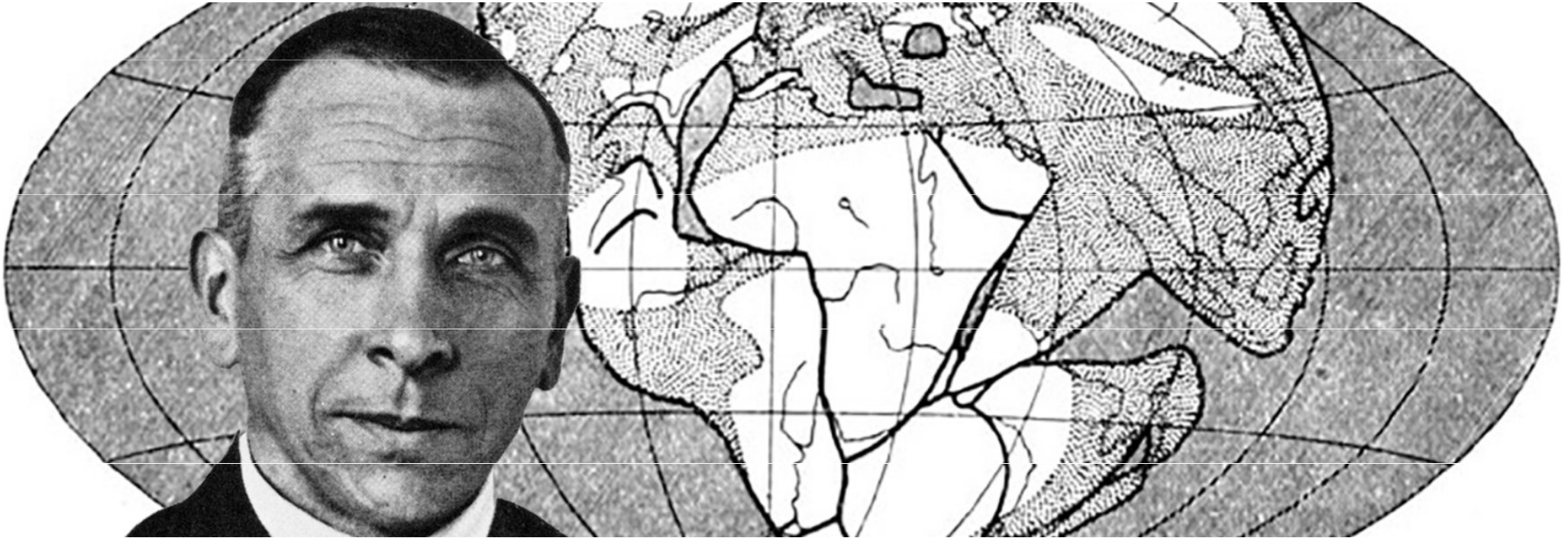
Rozmístění kontinentů – základ geografické distribuce



Původní prapevnina - Pangea

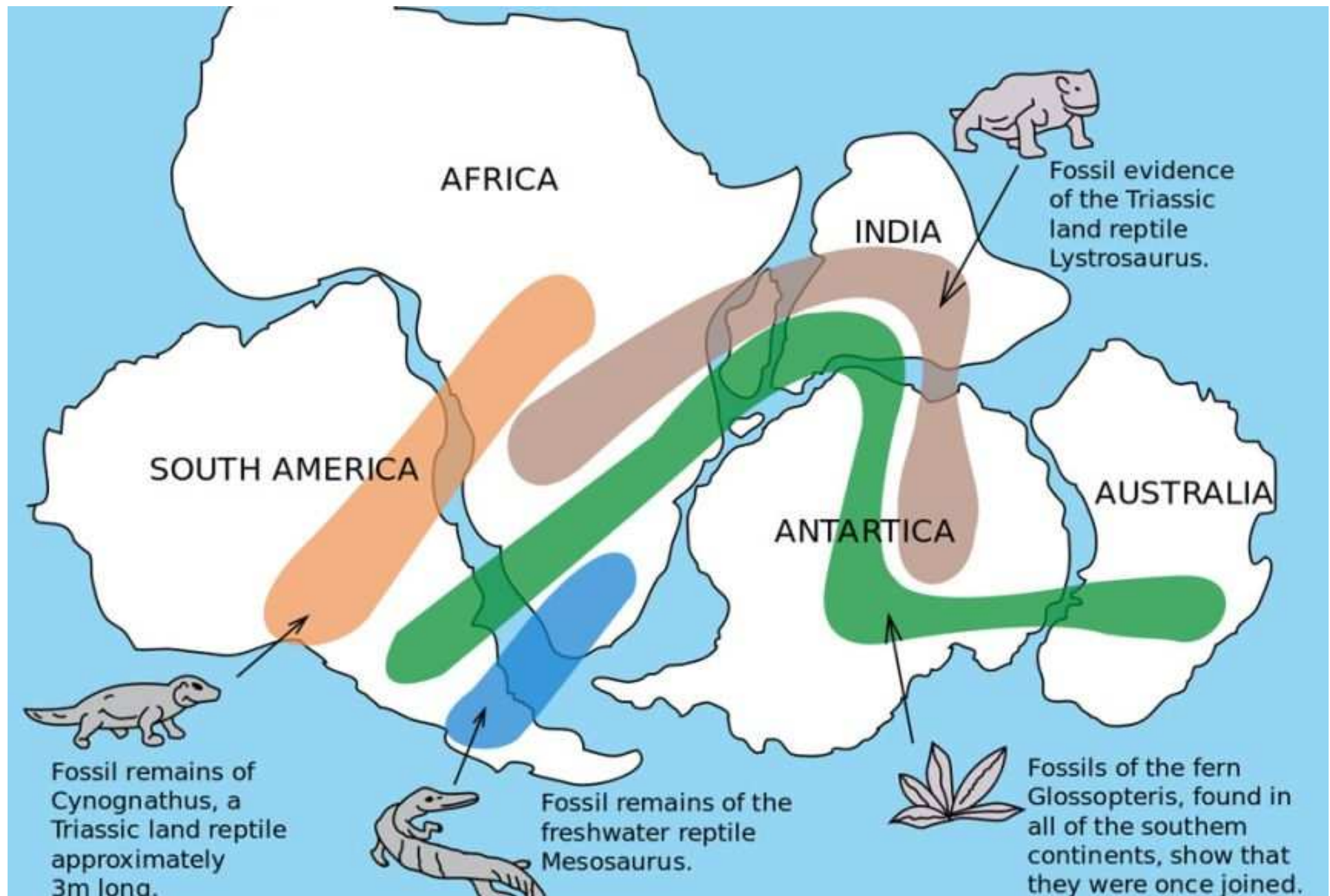


Alfred Wegener

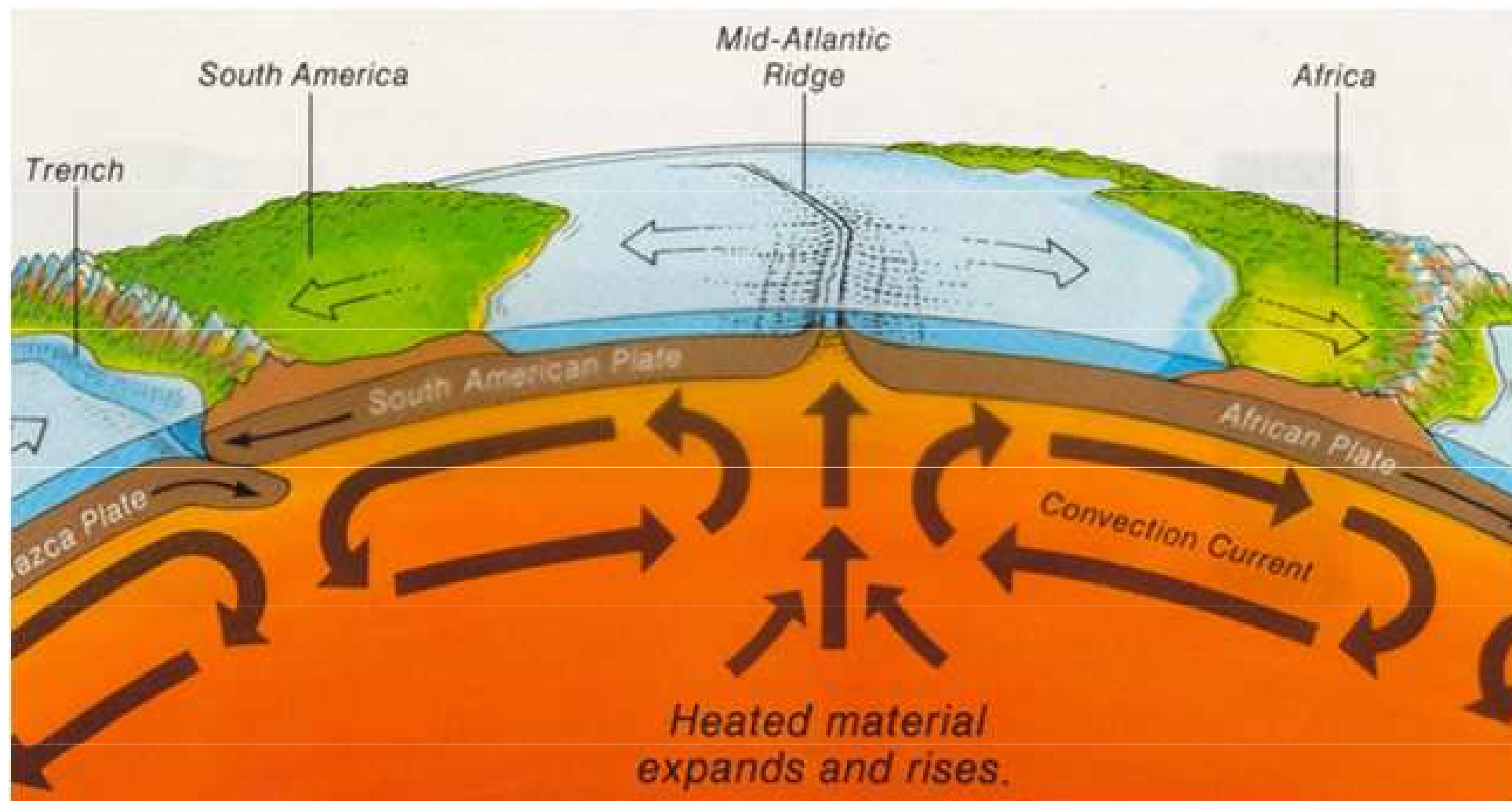


Alfred Lothar Wegener (1. listopadu 1880 Berlín – 2. nebo 3. listopadu 1930 Grónsko) byl německý vědec, který se zabýval mnoha vědními obory, světového uznání a věhlasu došel v geologii a v meteorologii. Byl průkopníkem balónového pozorování. Předložil tzv. mechanickou teorii vzniku tornád. Na počátku 20. století vypracoval úplnou teorii zrcadlení vzduchu na základě vlastních pozorování na polární stanici v Grónsku, kterou založil.

Teorie kontinentálního driftu



Příčina – pohyby tektonických desek



CONTINENTAL DRIFT

Pangaea

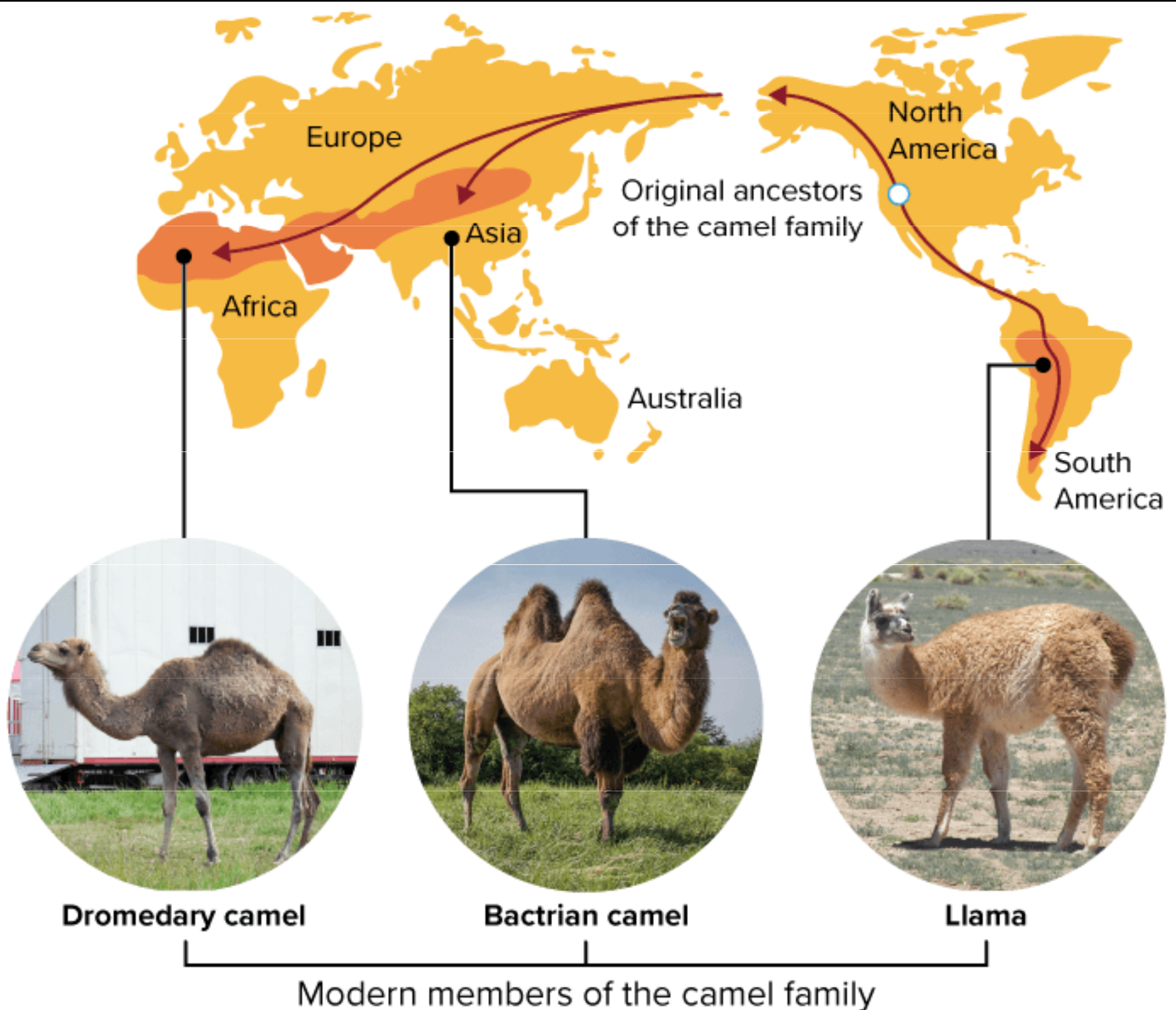


**Laurasia and
Gondwana**



**Modern
world**

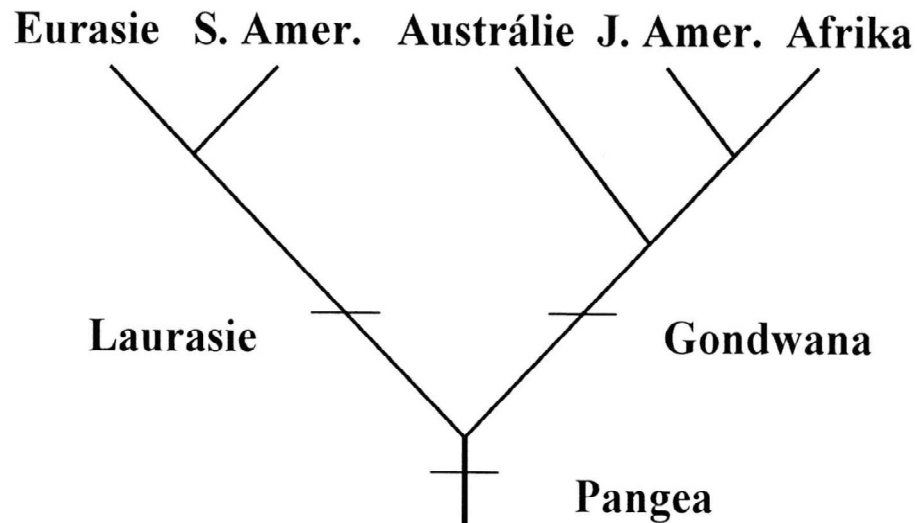




Geografická distribuce cizopasníků

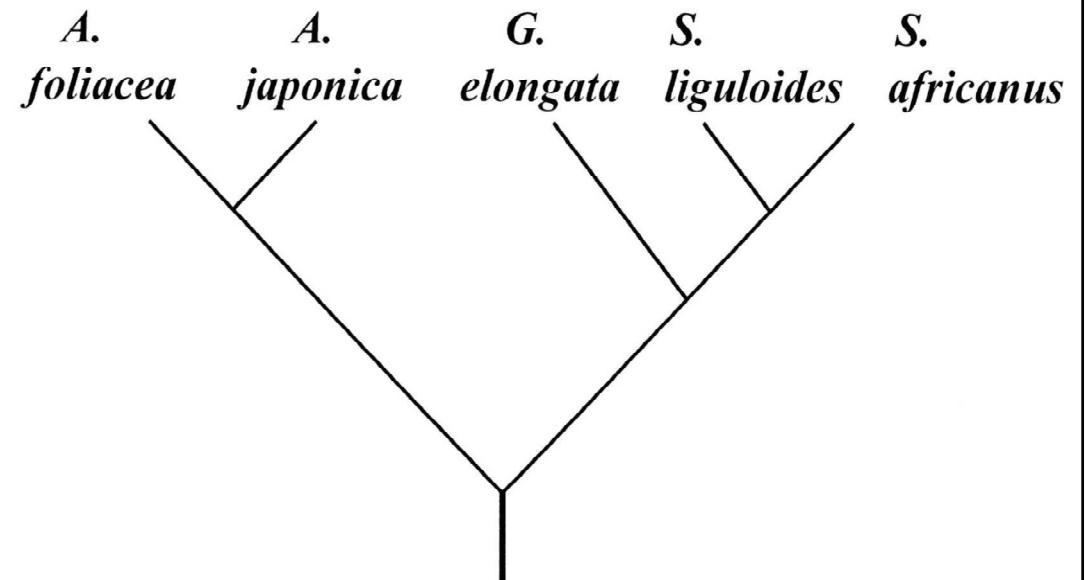
(upraveno podle Brooks McLennan 1991)

Kladogram vzniku 5 geografických oblastí osídlených tasemnicemi čeledi Amphilinidae



A. = *Amphilina*;

Fylogenetický vztah 5 druhů tasemnic čeledi Amphilinidae (založeno na morfologických znacích)

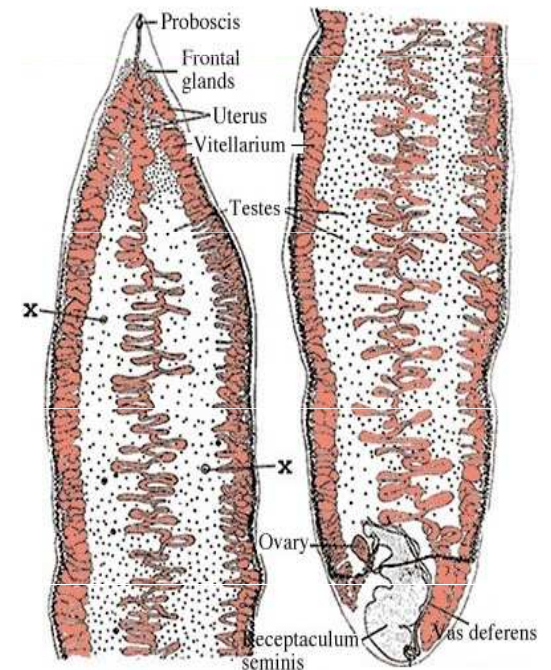
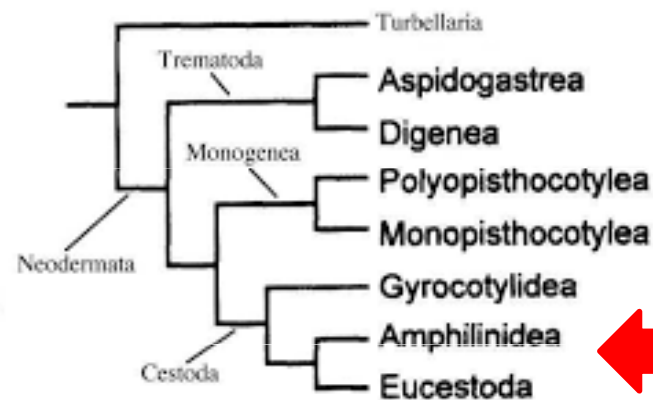
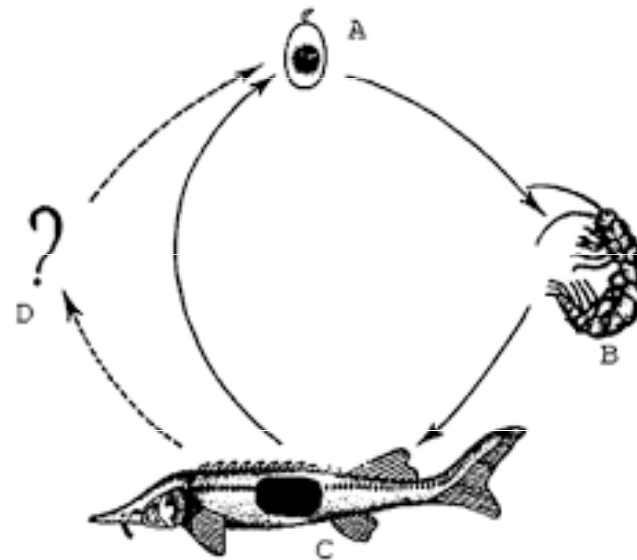
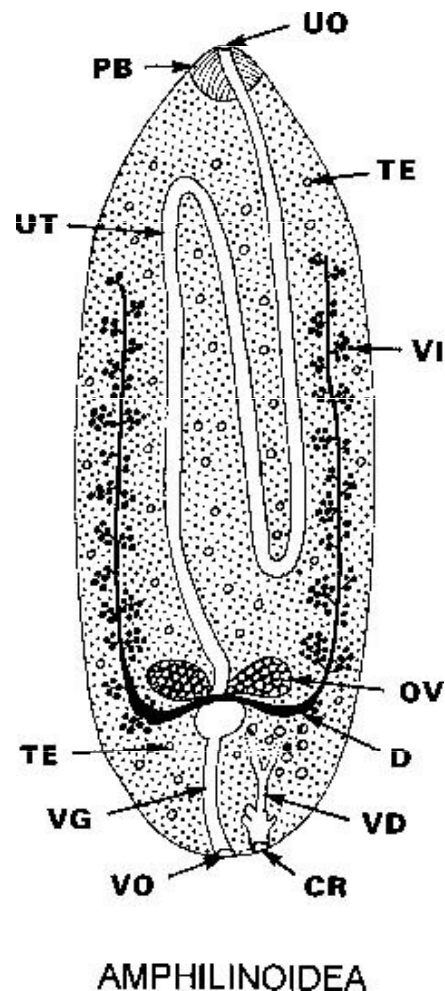


G = *Gigantolina*;

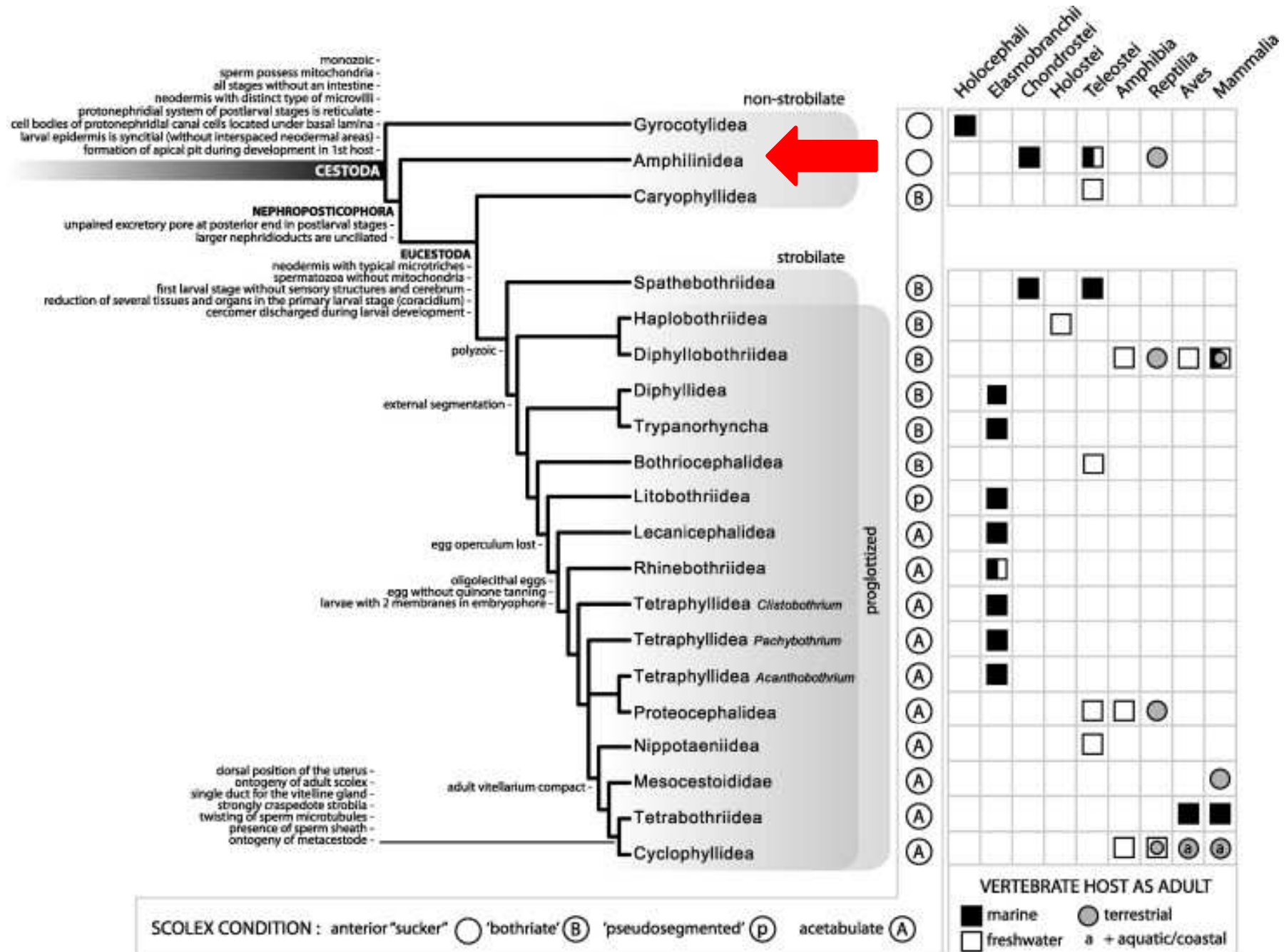
S = *Schizochœrus*

Amphilina foliacea – Jeseterovka listová

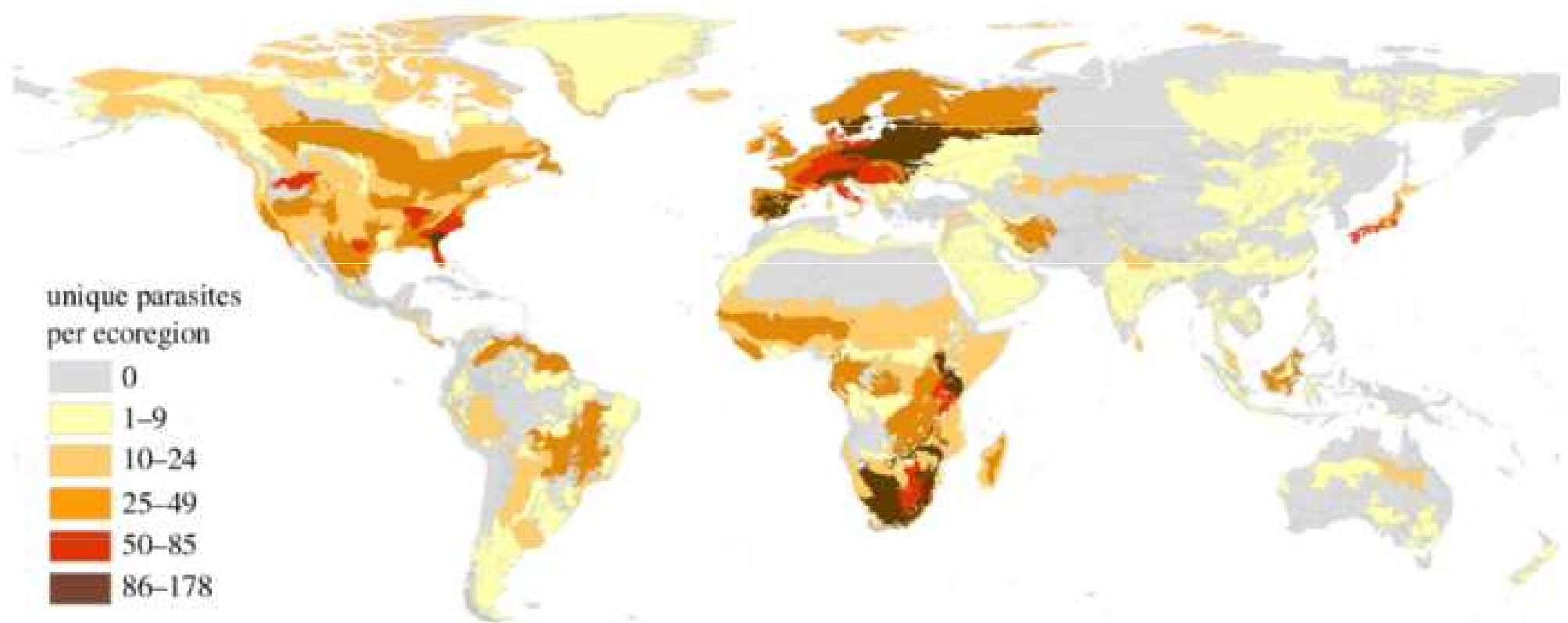
Amphiliinidea je řád ploštěnců. Existuje 10 druhů Amphiliinidea, v 7 rodech a 2 rodinách. Zahrnuje skupiny jako Schizochoceridae a Amphiliinidae. Spoléhají se na ciliární klouzání, aby se mohli pohybovat.



Amphilinidae – fylogenetická pozice

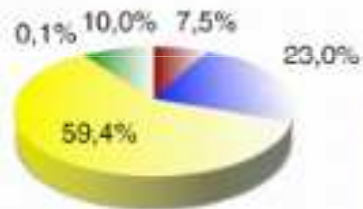


Mapa 814 ekoregionů klasifikovaných podle počtu druhů parazitů kopytníků, dravců a primátů jako hostitelů (n=1806)

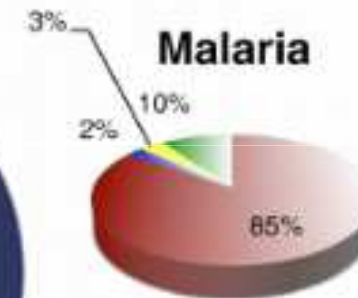


GLOBAL DISTRIBUTION OF SOME PARASITIC DISEASES

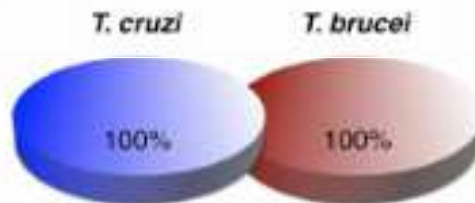
Leishmaniasis



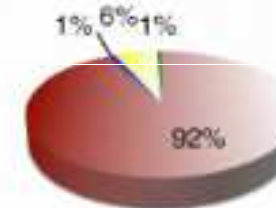
Malaria



Trypanosomiasis



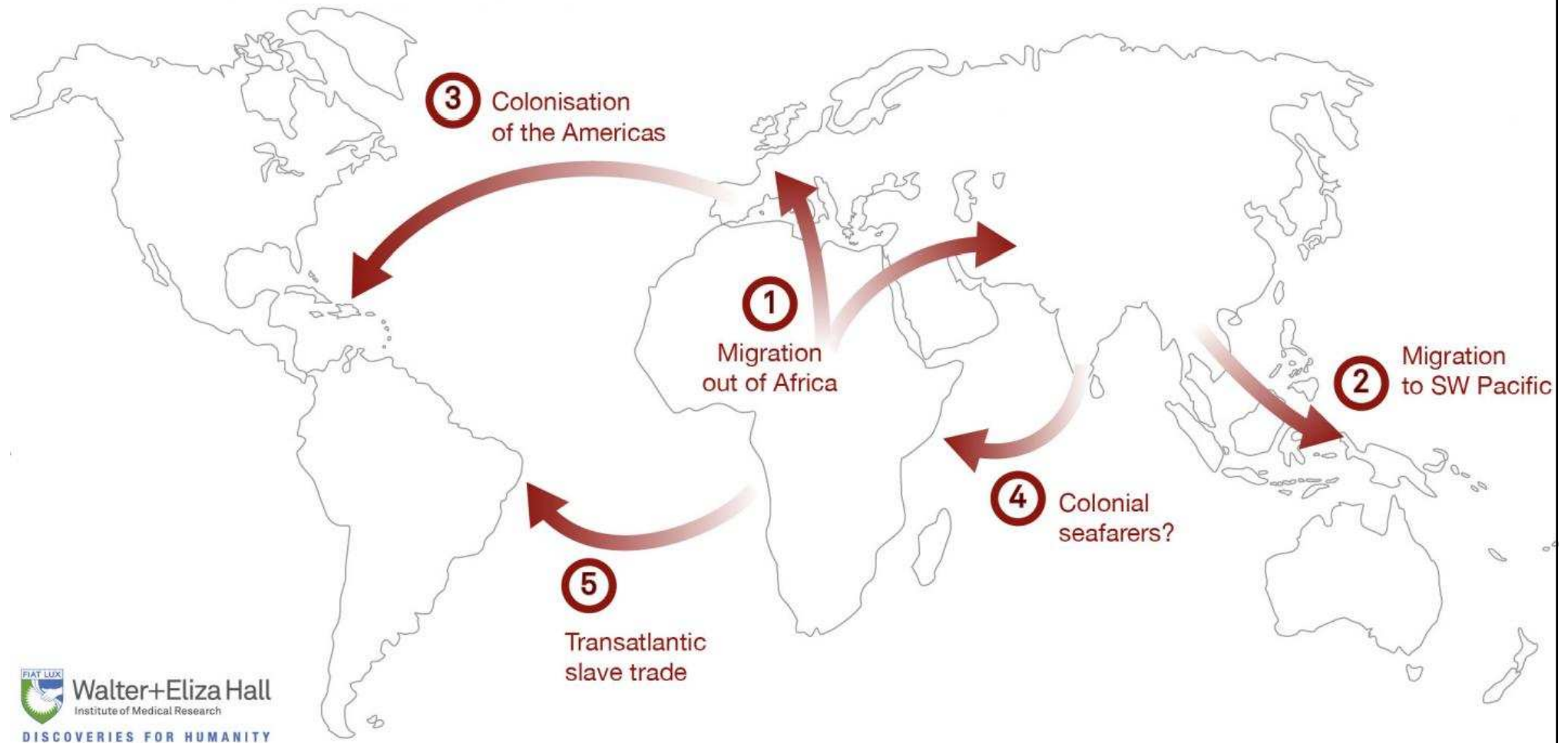
Schistosomiasis

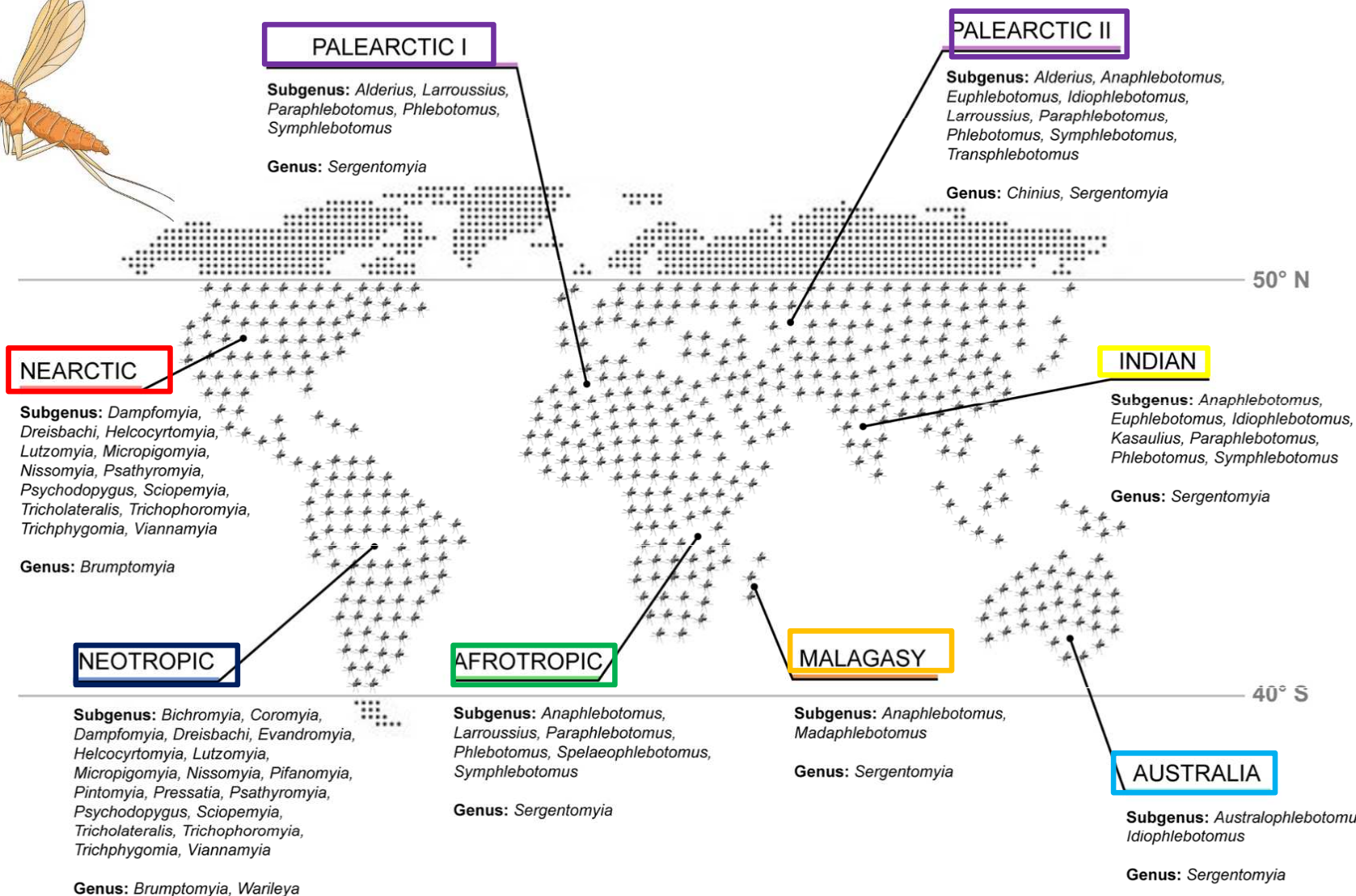
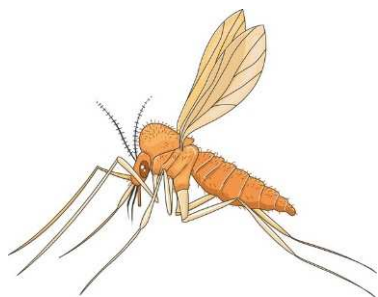


Endemické geografické rozšíření některých lidských parazitárních onemocnění. Mapa zobrazuje 5 různých oblastí světa podle WHO: **Ameriku, Afriku, Evropu, východní Středomoří a jihovýchodní Asii** **Západní Pacifik**. Procenta představují rozložení autochtonních endemických případů (133).

Historie „migrace“ malárie *Plasmodium vivax*

A brief history of the migration of the malaria parasite *Plasmodium vivax*





Flebotomové mají globální rozšíření mezi 50° severní šířky a 40° jižní šířky (označené šedými vodorovnými čarami), s výjimkou Nového Zélandu a tichomořských ostrovů. Na mapě jsou příslušné rody/poddruhy flebotomů uvedeny na základě jejich výskytu v definovaných zoogeografických oblastech: **palearktická (fialová)**, **nearktická (červená)**, **neotropická (tmavě modrá)**, **afrotropická (zelená)**, **malgašská (oranžová)**, **australská (světle modrá)** a **indická (žlutá)**.

Typy distribuce cizopasníků

- Geografická distribuce
- **Hostitelská specificita** (mezi různými druhy hostitelů)
- Frekvenční distribuce (v hostitelské populaci)
- Mikrohabitat distribuce (lokalizace v organismu hostitele)

Distribuce mezi různé druhy hostitelů
ve společenstvu
Hostitelská specificita

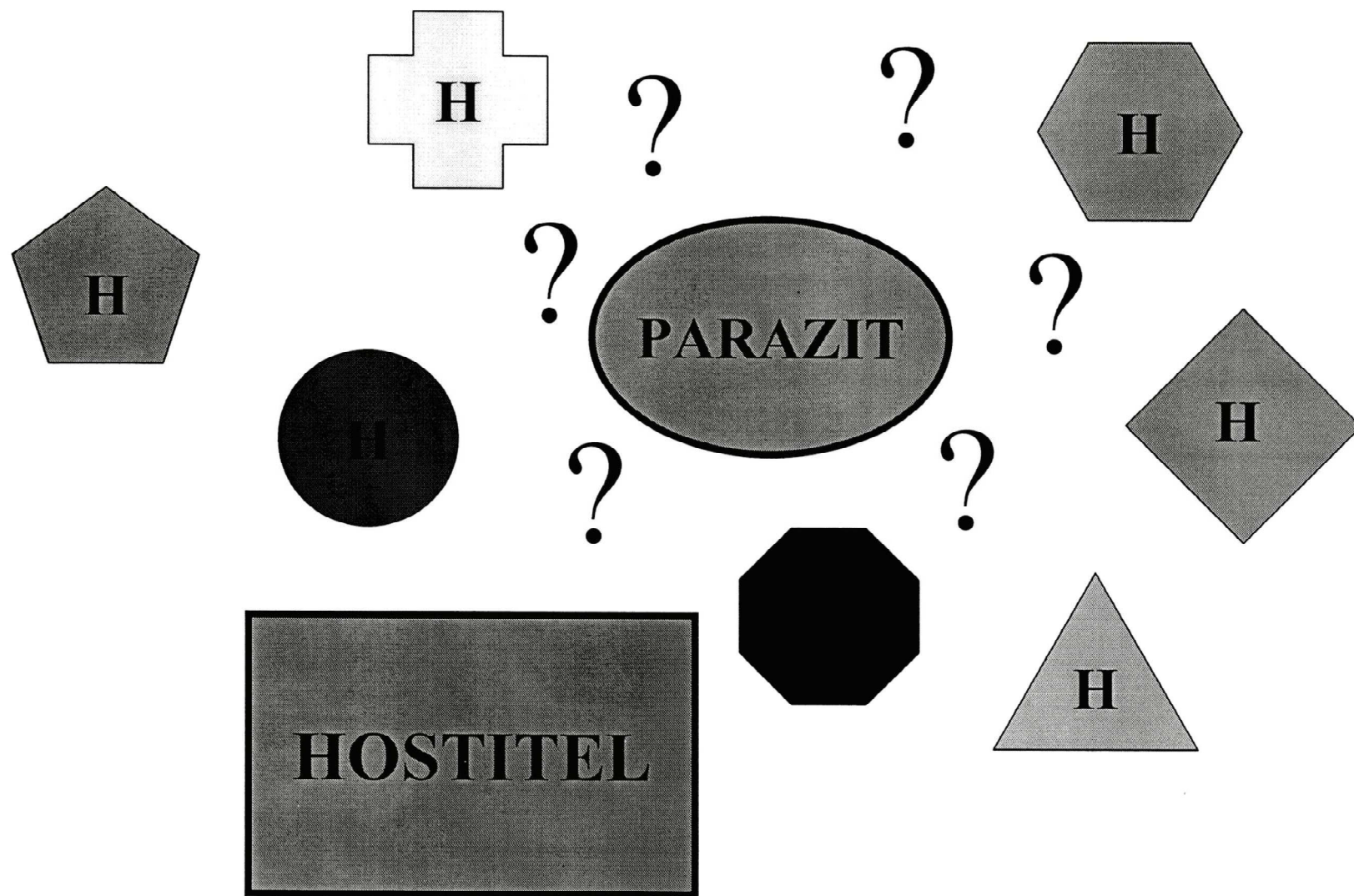
Distribuce parazitů mezi různé druhy hostitelů



Důležitá je podobnost prostředí



Distribuce mezi hostiteli v reálném prostředí



Hostitelská specifita

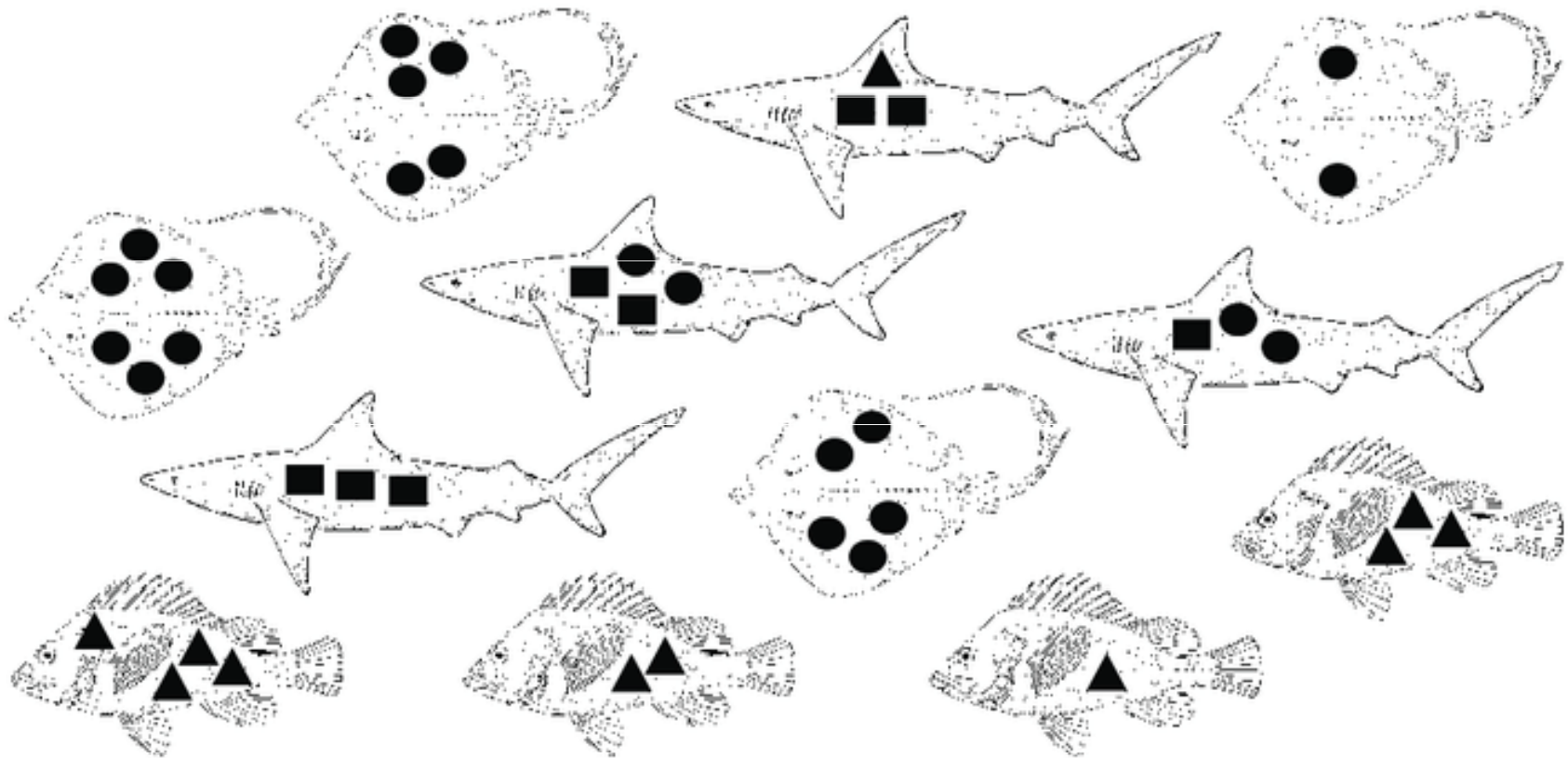
- podle počtu druhů, které mohou danému parazitovi sloužit jako hostitelé v určitém stadiu vývoje:

paraziti se širokou a úzkou hostitelskou specifikou:

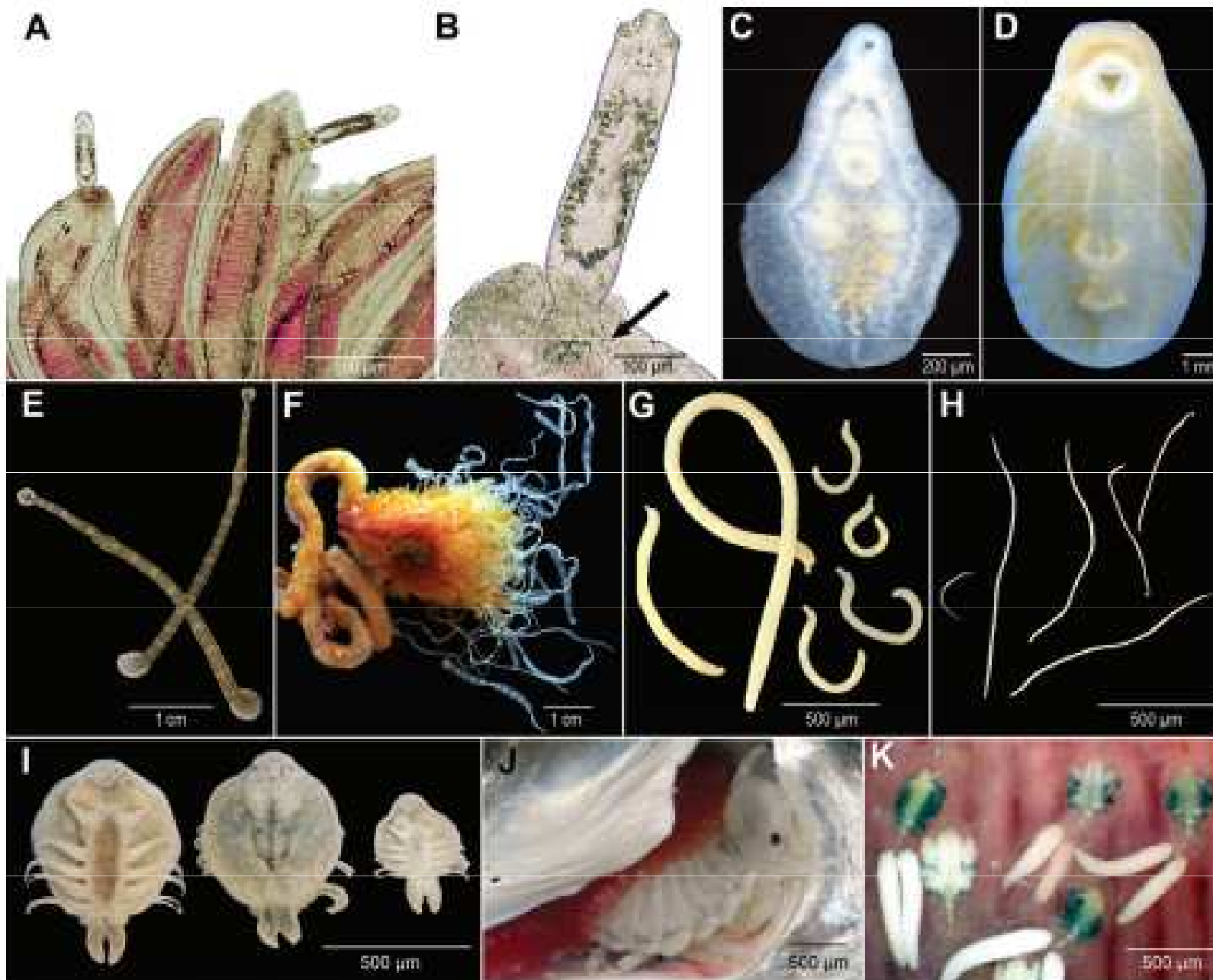
euryekní a stenoekní - specialisté a generalisté

- **Většina parazitů je poměrně hostitelsky specifická.**
 - Aby parazit mohl nakazit svého hostitele, musí se s ním nejprve setkat (vazba na ekologické a etologické charakteristiky hostitele).
 - Pro úspěšnou infekci pak musí být parazit schopen hostitele nakazit, přežít v něm a eventuálně se namnožit (fyziologická závislost).

Hostitelská specificita



Hlavní skupiny rybích parazitů





Hostitelská specifita

Hostitelská specifita = dána počtem druhů hostitelů v/na nichž parazit může existovat (dosáhnout pohlavní zralosti)

Specialista = vyskytuje se pouze na jediném druhu hostitele nebo na druzích velice úzce příbuzných

Generalista = vyskytuje se na širokém spektru hostitelských druhů náležejících k nepříbuzným taxonům

Index hostitelské specifičnosti:
$$S = \frac{\sum (x_i/n_i \cdot h_i)}{\sum (x_i/n_i)}$$

(podle Rohdeho 1980)

x_i = počet jedinců parazita druhu (i); n_i = počet vyšetřených hostitelů druhu (i);
 x_i/n_i = abundance parazitů na hostiteli druhu (i); h_i = relativní pořadí hostitelského druhu podle počtu cizopasníků

Klasifikace hostitelské specifcity

Stupeň hostitelské specifcity

Spektrum druhů hostitelů

Striktní specialista

Jediný druh hostitele

Kongenerický specialista

Jediný rod hostitele

Supragenerický specialista

Jediná čeleď hostitele (pro Cyprinoidei)
nebo podčeleď (pro Cytosomoidei)

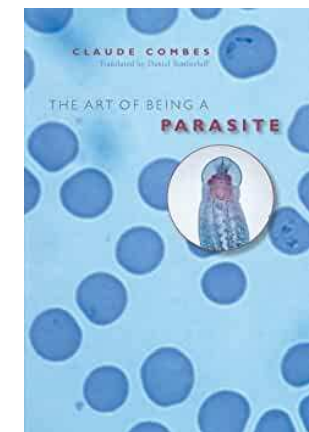
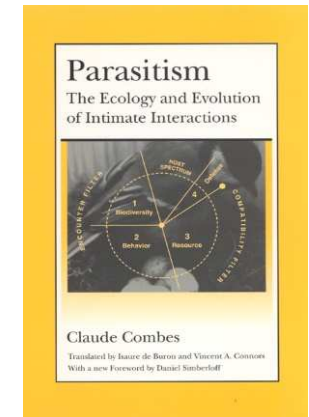
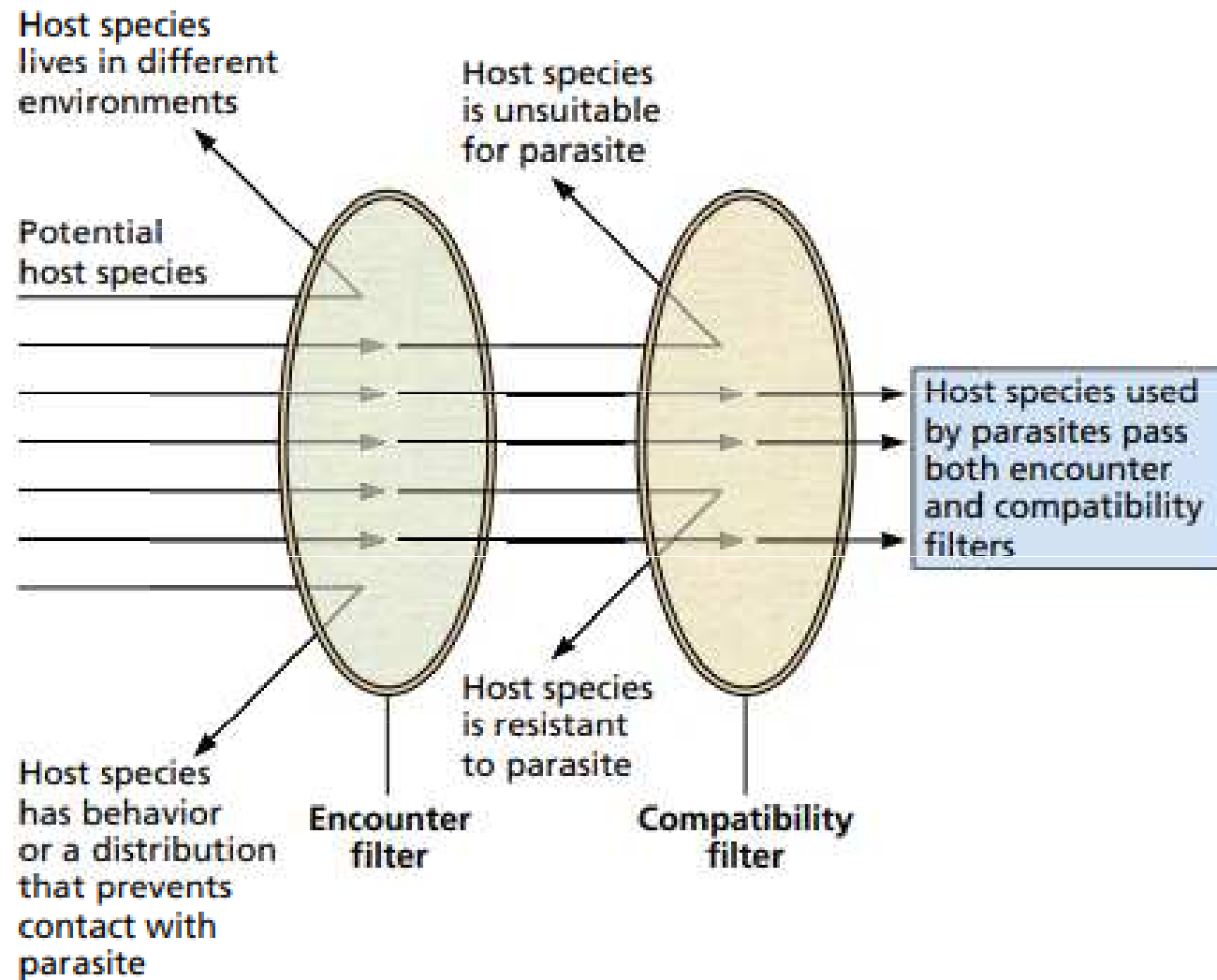
Slabý generalista

Jediný podřád hostitele (např.
Cyprinoidei, Cobitoidei nebo
Catostomoidei)

Silný generalista

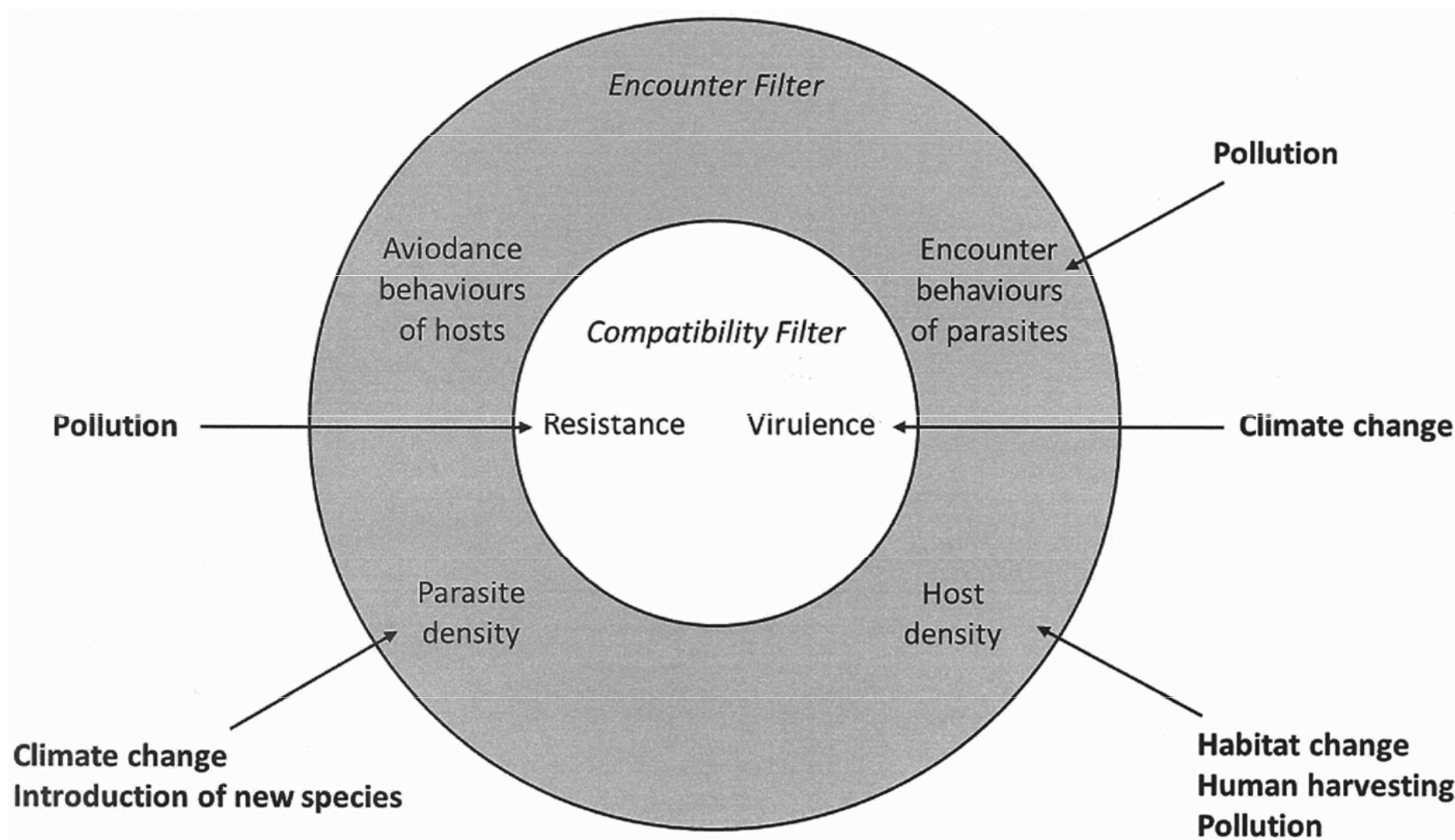
2 nebo 3 podřády

Koncepce vstupního a kompatibilního filtru



Claude Combes - francouzský biolog a parazitolog. Je profesorem biologie zvířat a ředitelem Centre de Biologie et Écologie Tropicale et Méditerranéenne na Université de Perpignan. Od roku 1996 je členem Francouzské akademie věd.

Koncepce vstupního a kompatibilního filtru

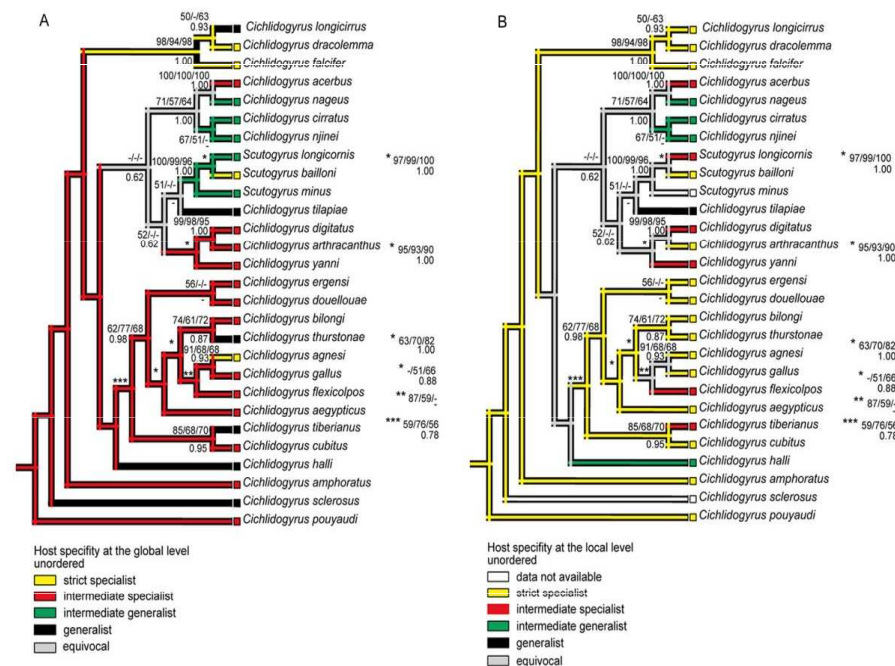
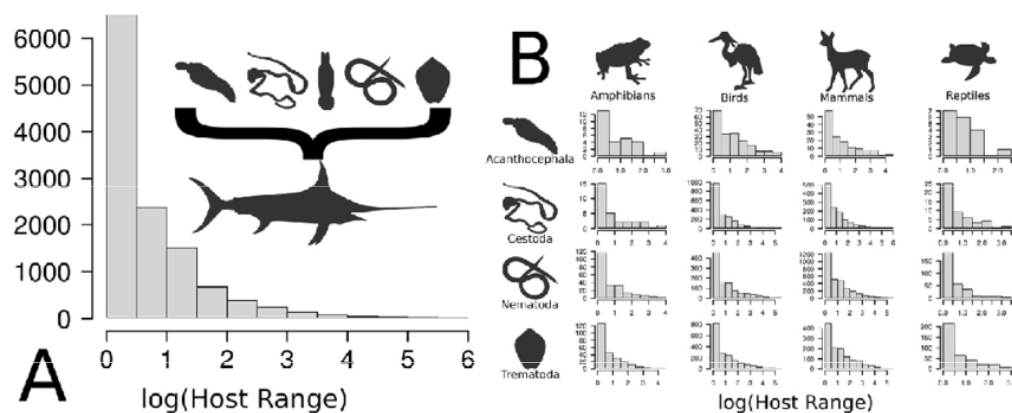


Specifičnost jako míra koevoluce P a H

Stenofágní (monofágní) živí se na jednom druhu hostitele – specialista

Euryfágní (polyfágní) – živí se více druhích hostitelů – generalista

Specifičnost cizopasníka

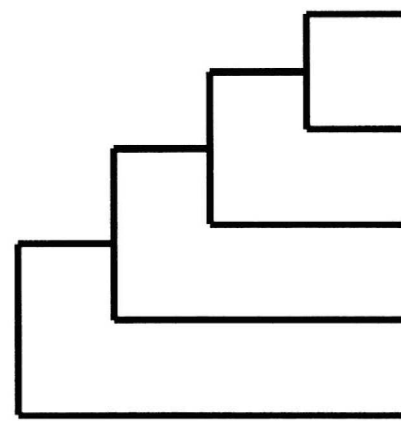


Distribuce mezi druhy hostitelů

(upraveno podle Poulina 1998)

Výsledek ko-evoluce mezi hostitelem a parazitem

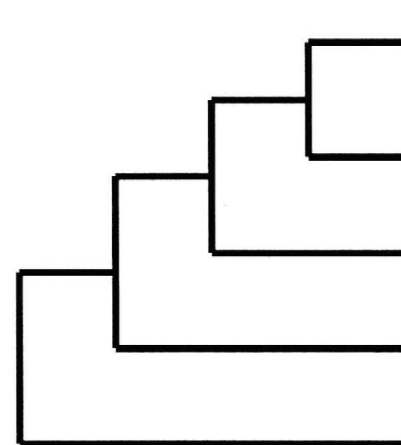
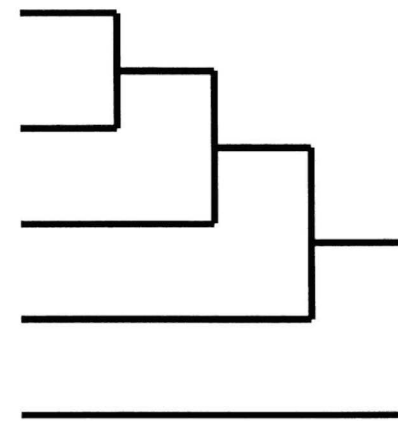
Hostitelé



A - - - - -
B - - - - -
C - - - - -
D - - - - -
E - - - - -

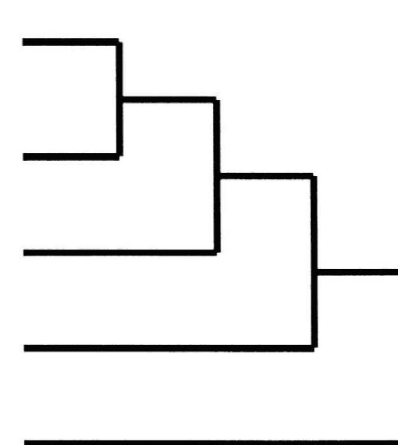
1
2
3
4
5

Paraziti



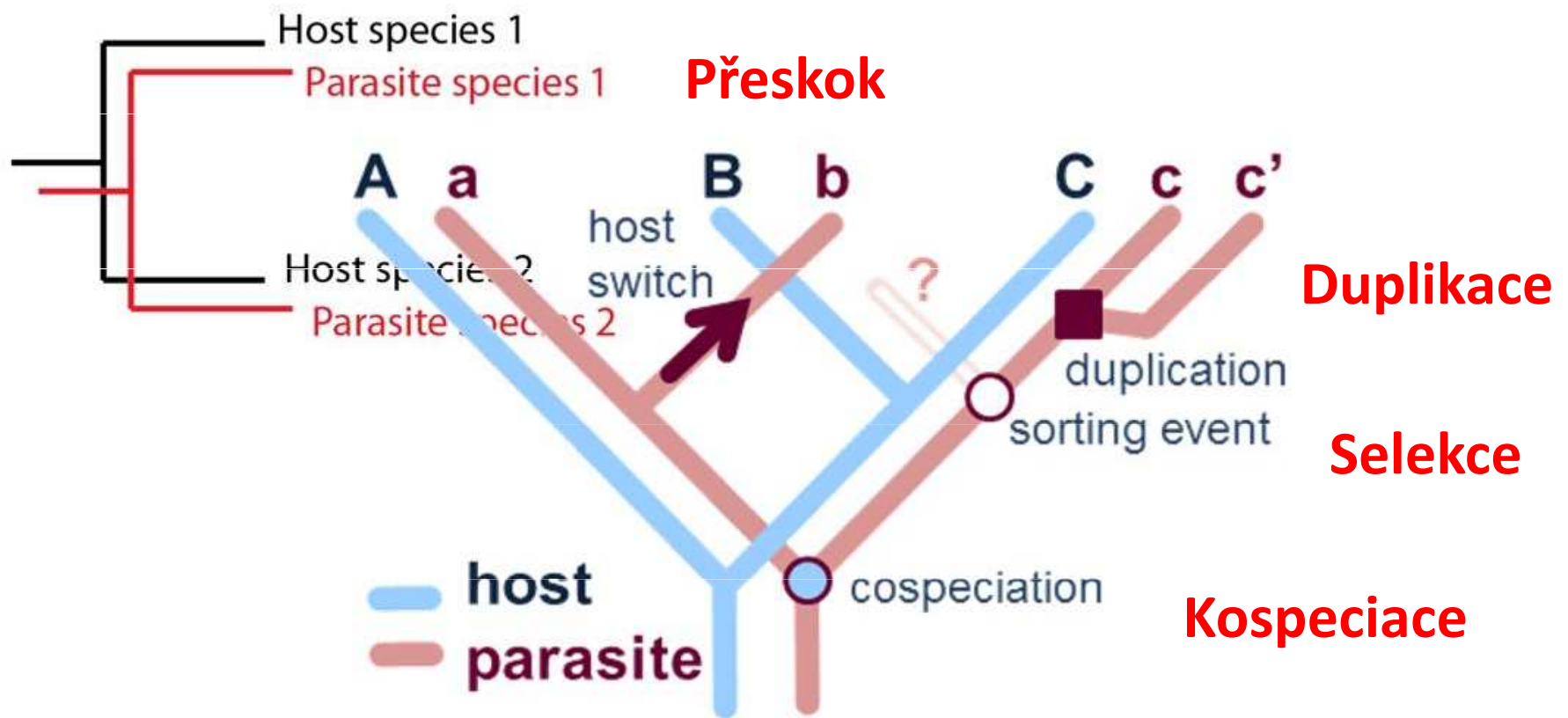
A
B
C
D
E

1
2
3
4
5

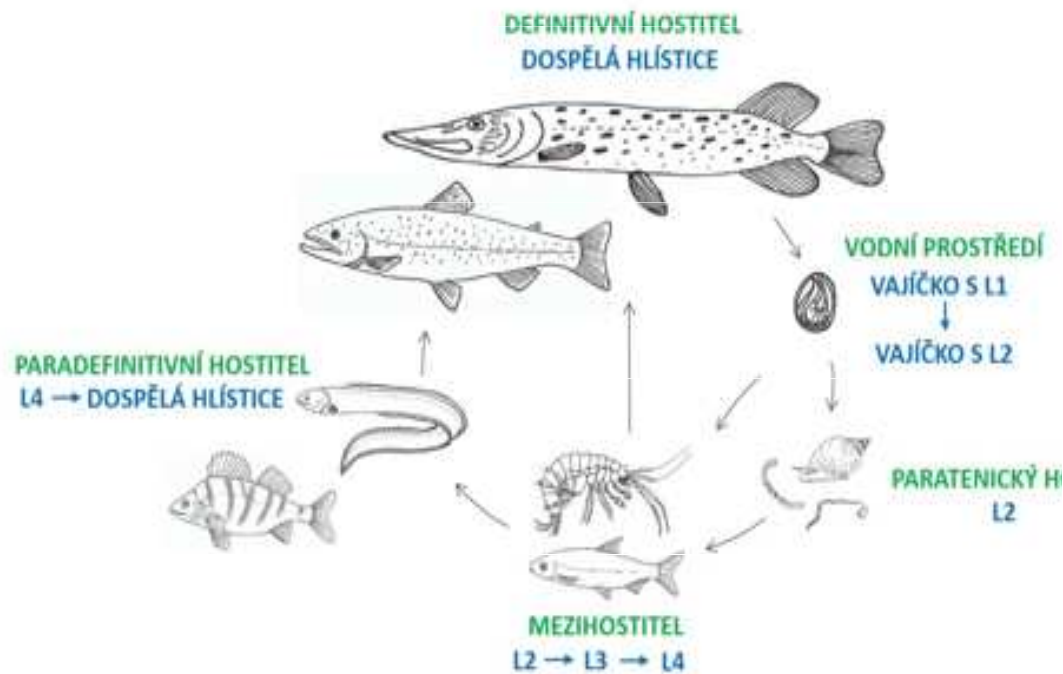


Mechanismy koevoluce parazita a hostitele

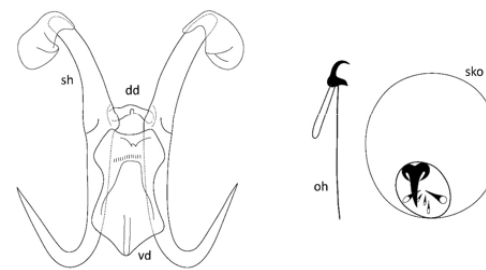
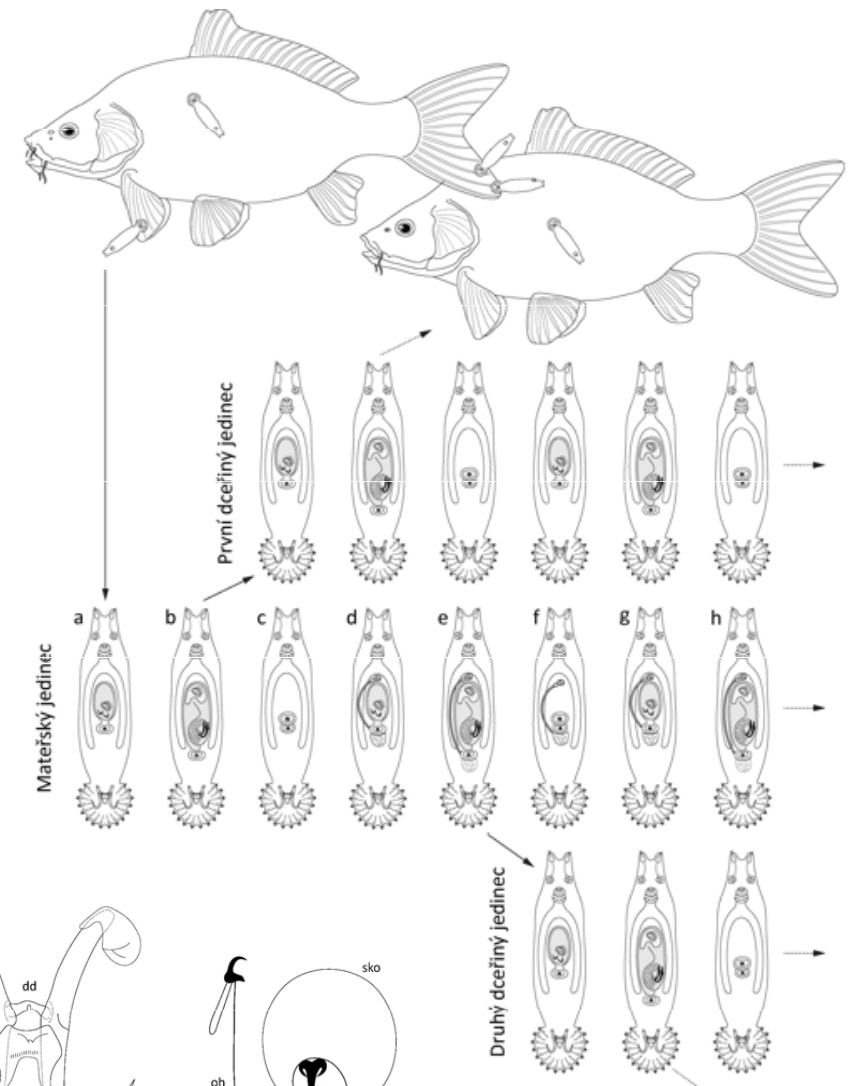
The Mechanism of Host-Parasite Coevolution



Generalisti versus specialisti

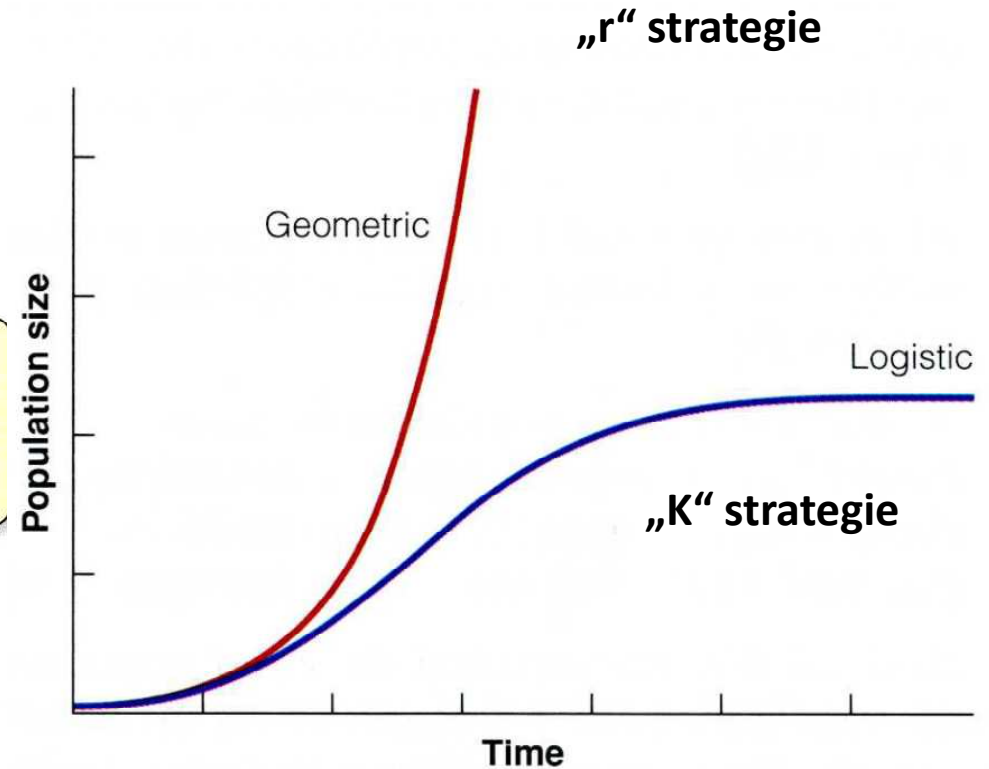
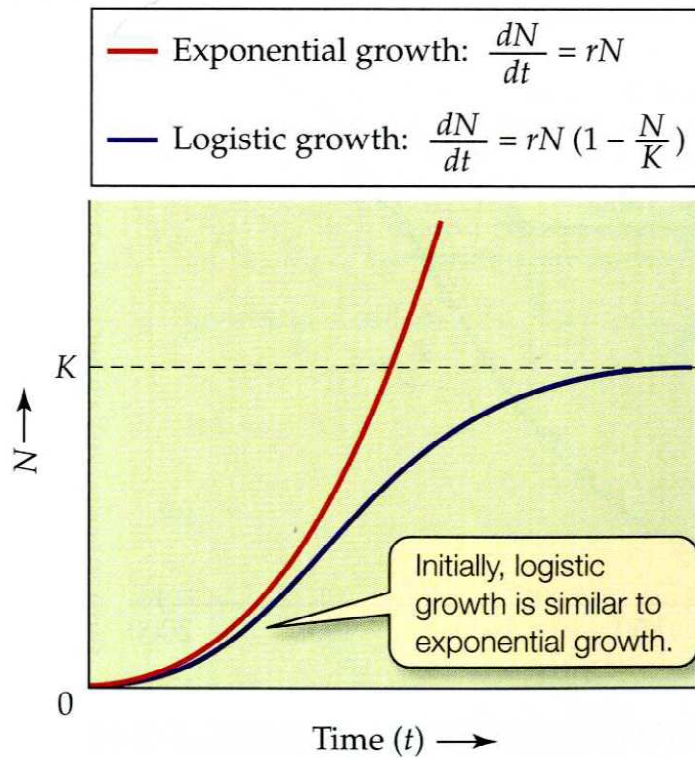


Raphidascaris acus



Gyrodactylus cyprini

Podle životní strategie: „r“ versus „K“



Typy strategií organismů - obecně

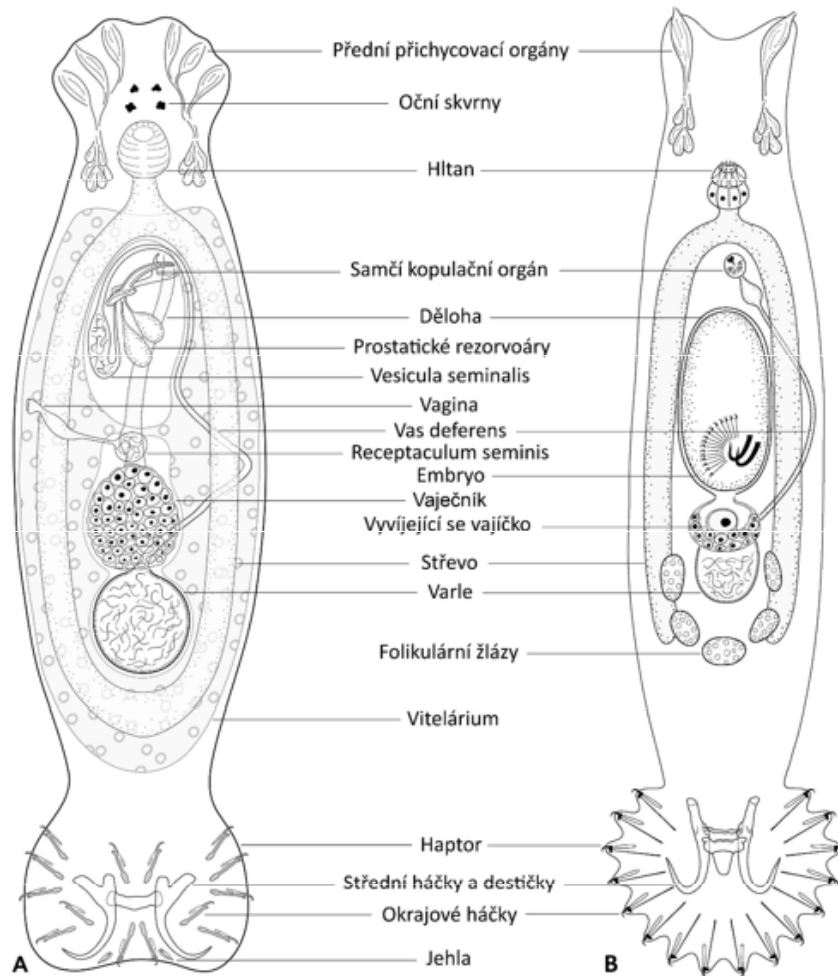
r -specialisti

- Relativně drobných rozměrů
- Rychlý růst populace
- Vysoký biotický potenciál
- Časné rozmnožování
- Relativní krátkověkost
- Rozmnožují se jen jednou
- Malá kompetice
- Schopnost rychlého šíření
- Malé schopnosti homeostázy
- v nevyvážených systémech
(hlodavci, mšice, perloočky)

K - specialisti

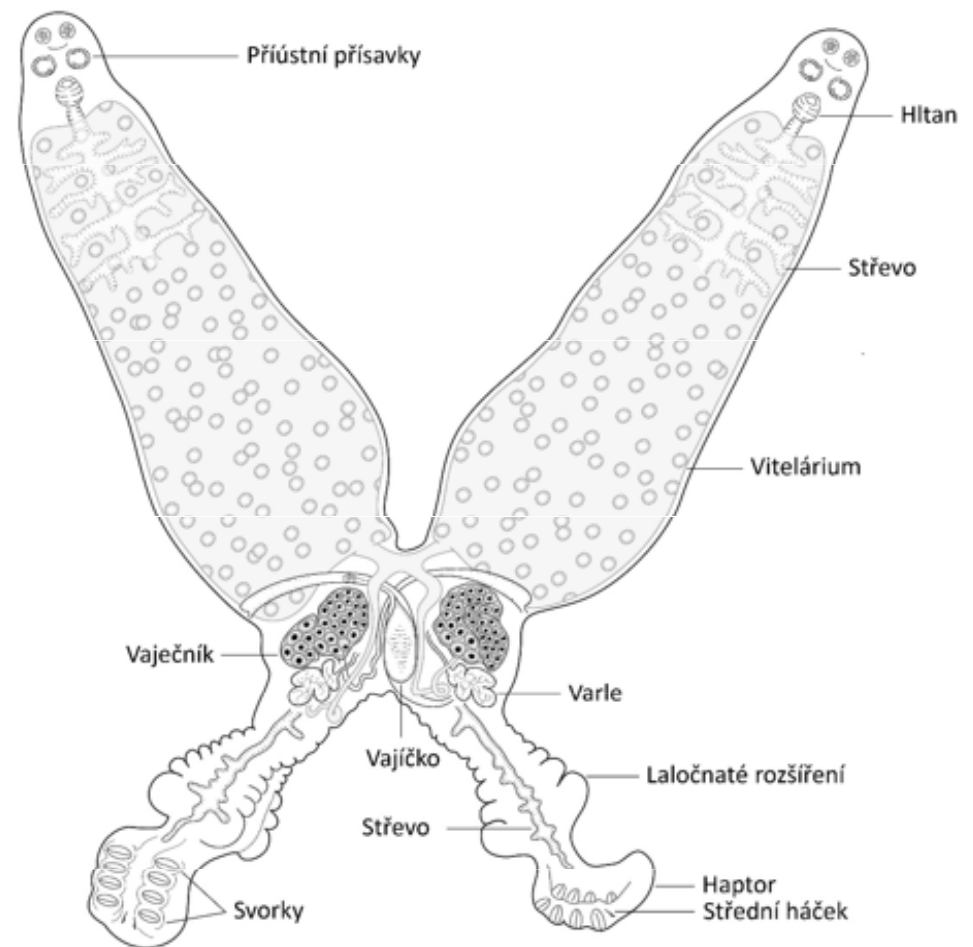
- Relativně větších rozměrů
- Pomalý růst populace
- Malý biotický potenciál
- Pozdní rozmnožování
- Relativní dlouhověkost
- Opakované rozmnožování
- Silná kompetice
- Slabší schopnost šíření
- Menší dynamika populace
- Velká homeostáza
- Vyvážené ekosystémy
(velcí kopytníci tropů)

Podle životní strategie: „r“ *versus* „K“ (Příklad: ektoparazitická Monogenea)



Dactylogyrus spp.

Gyrodactylus spp.

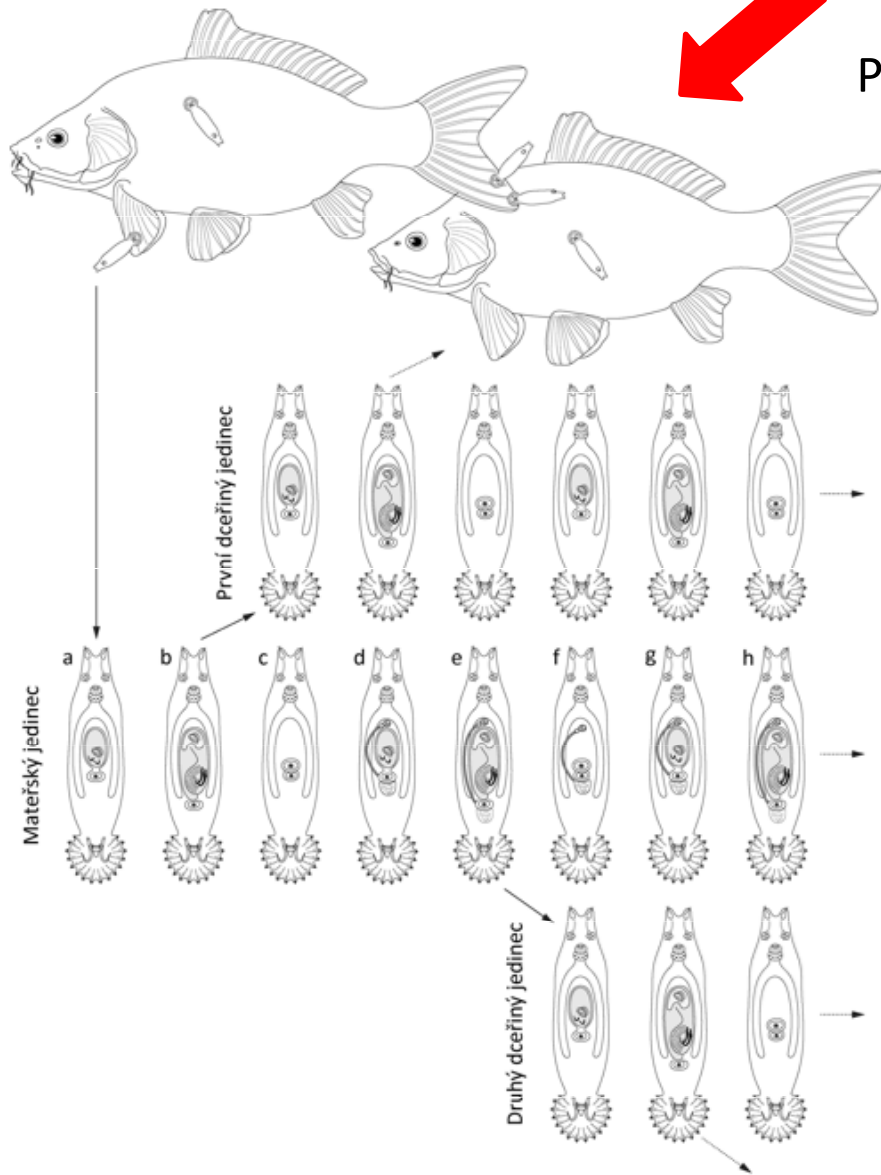


Eudiplozoon nipponicum

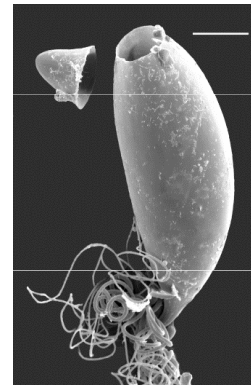
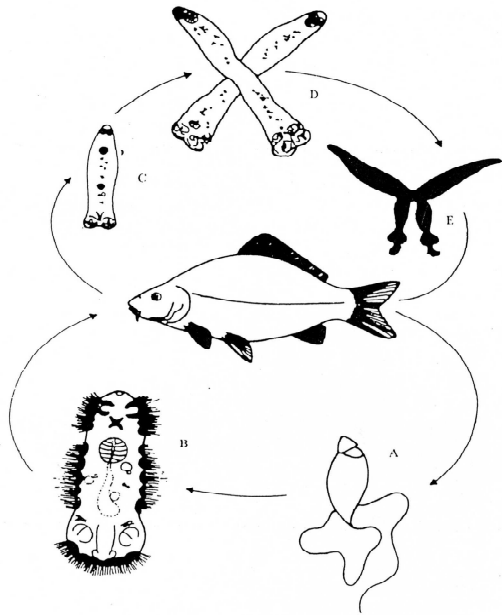
Živorodý *Gyrodactylus*: typický „r“ stratég

Živorodost: **pedogenetická polyembryonie**

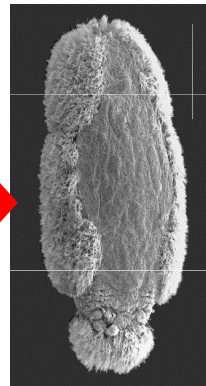
Princip **uložení embryí v děloze** mateřského jedince



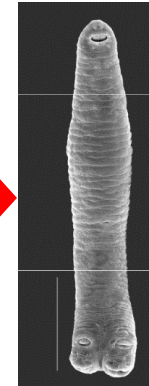
Vejcorodý *Eudiplozoon*: typický „K“ stratég



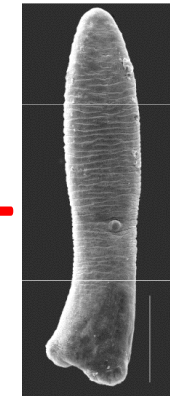
vajíčko



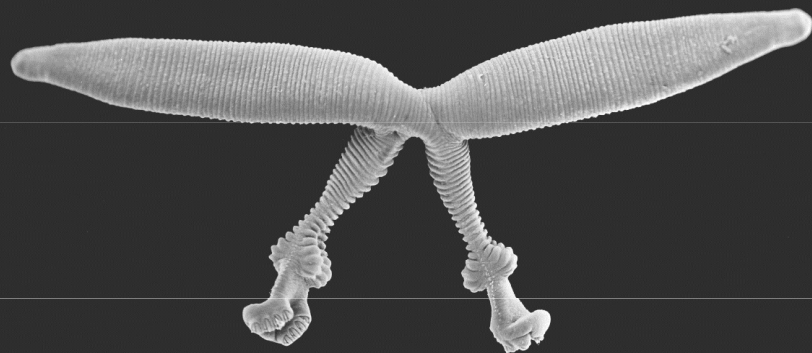
onkomiracidium



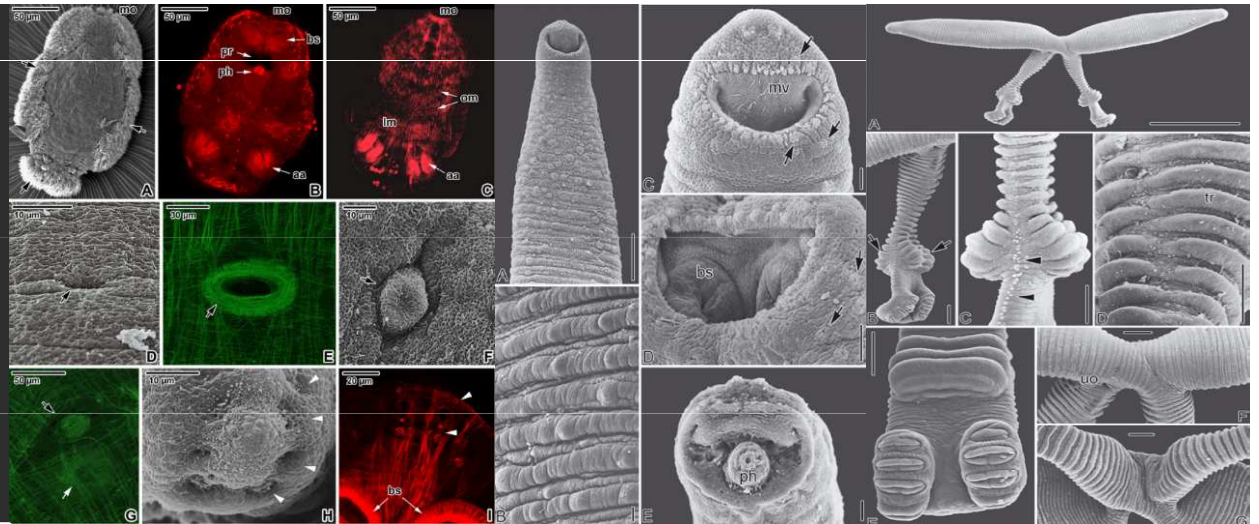
diporpa



juvenil

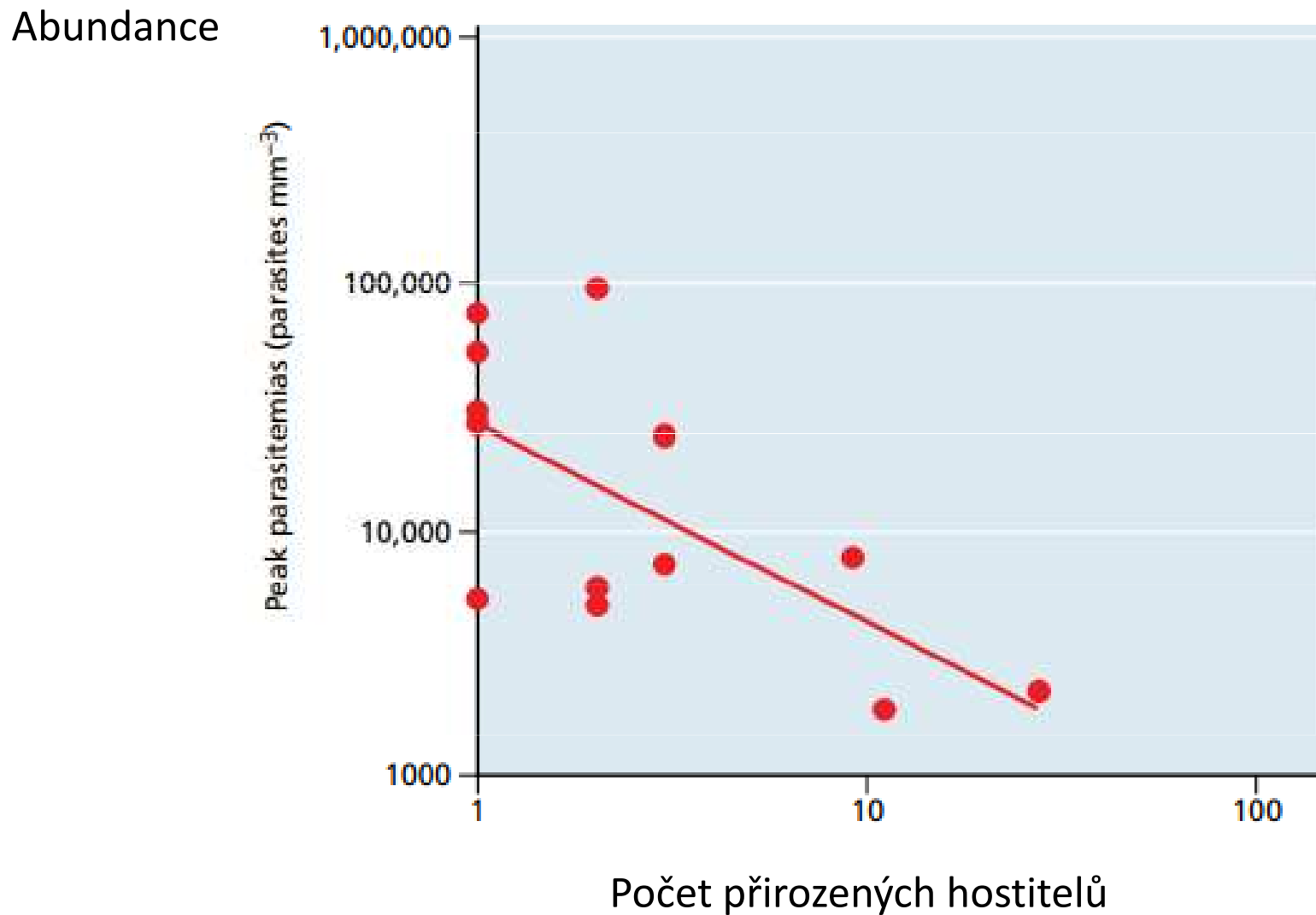


adultní jedinec

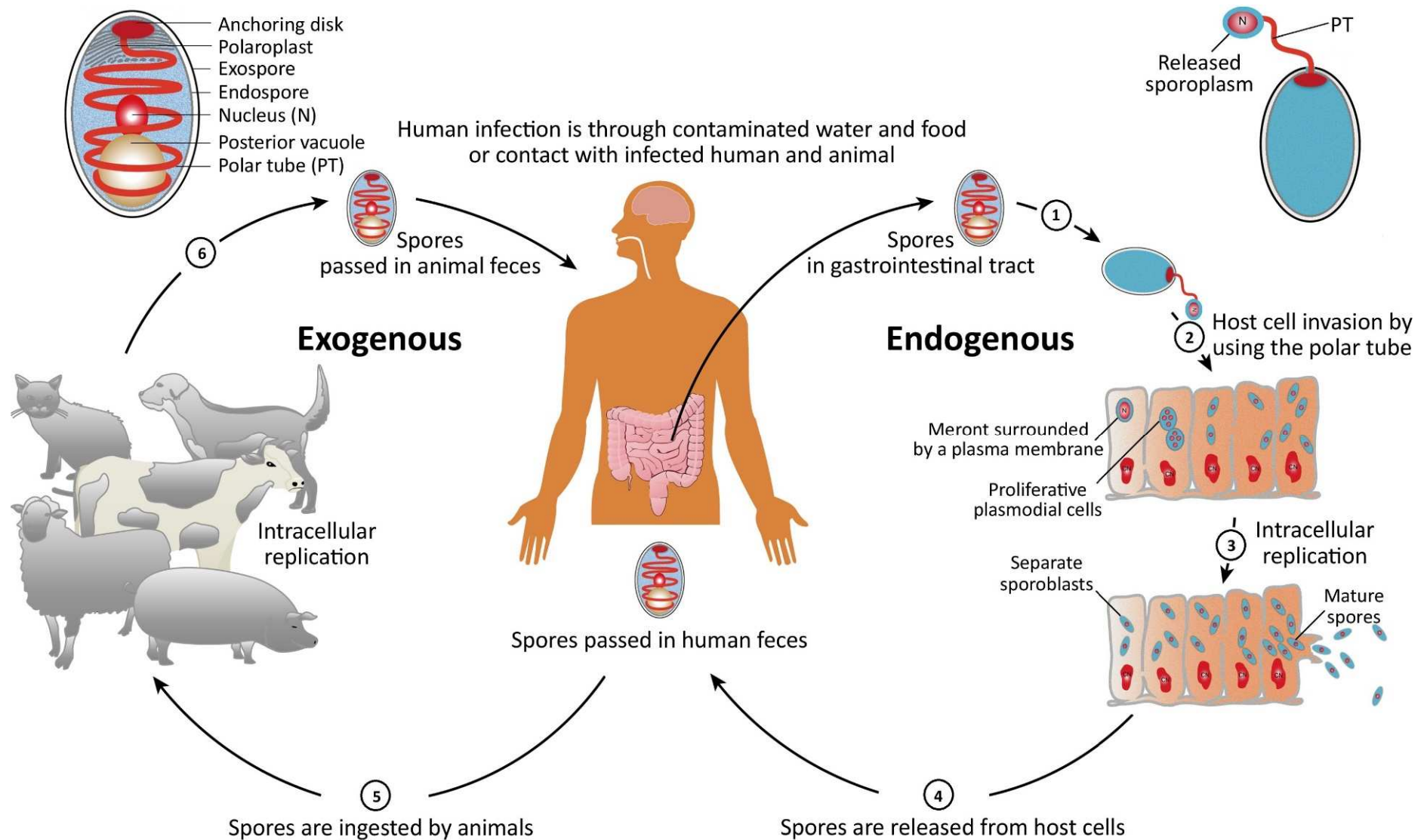


Specialisti *versus* generalisti

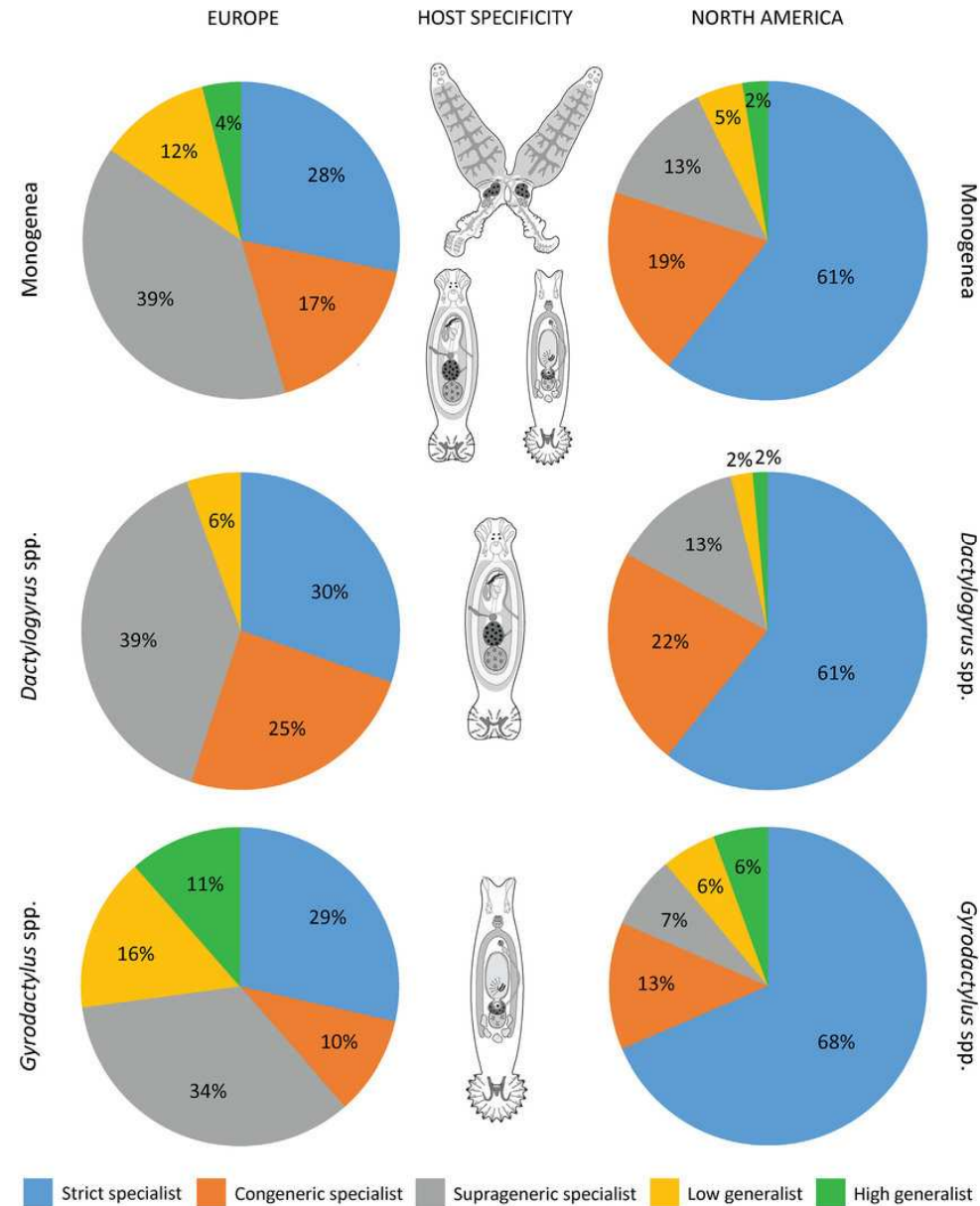
(příklad abundance)



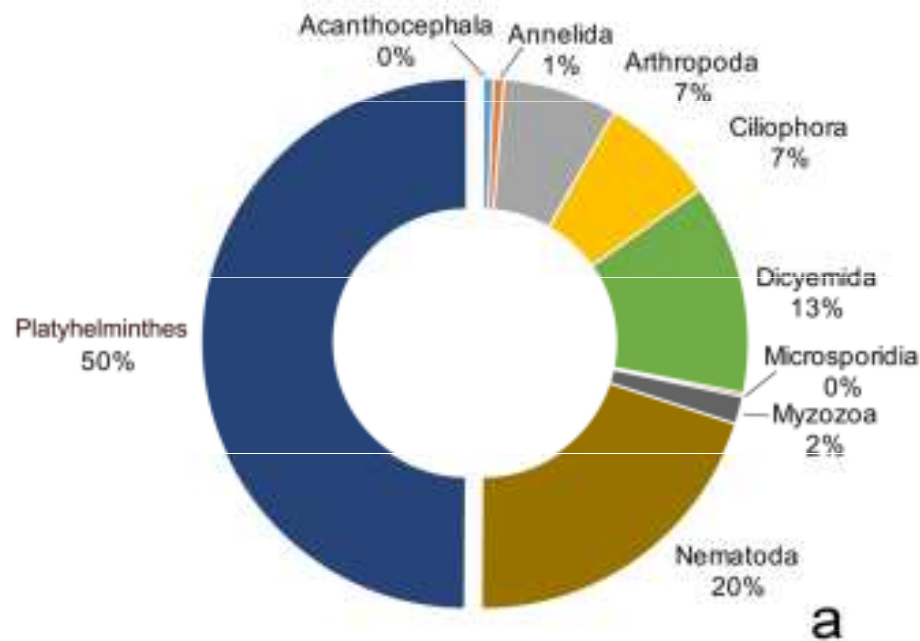
Specificity *Encephalitozoon bieneusi*



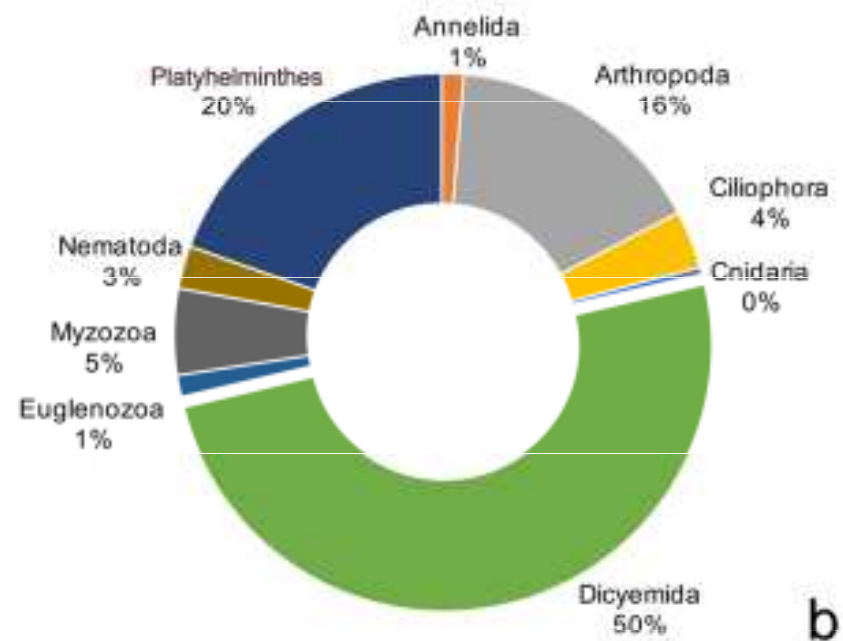
Hostitelská specificita amerických a evropských monogeneí



Počet parazito-hostitelských asociací u dvou hlavních skupin hlavonožců

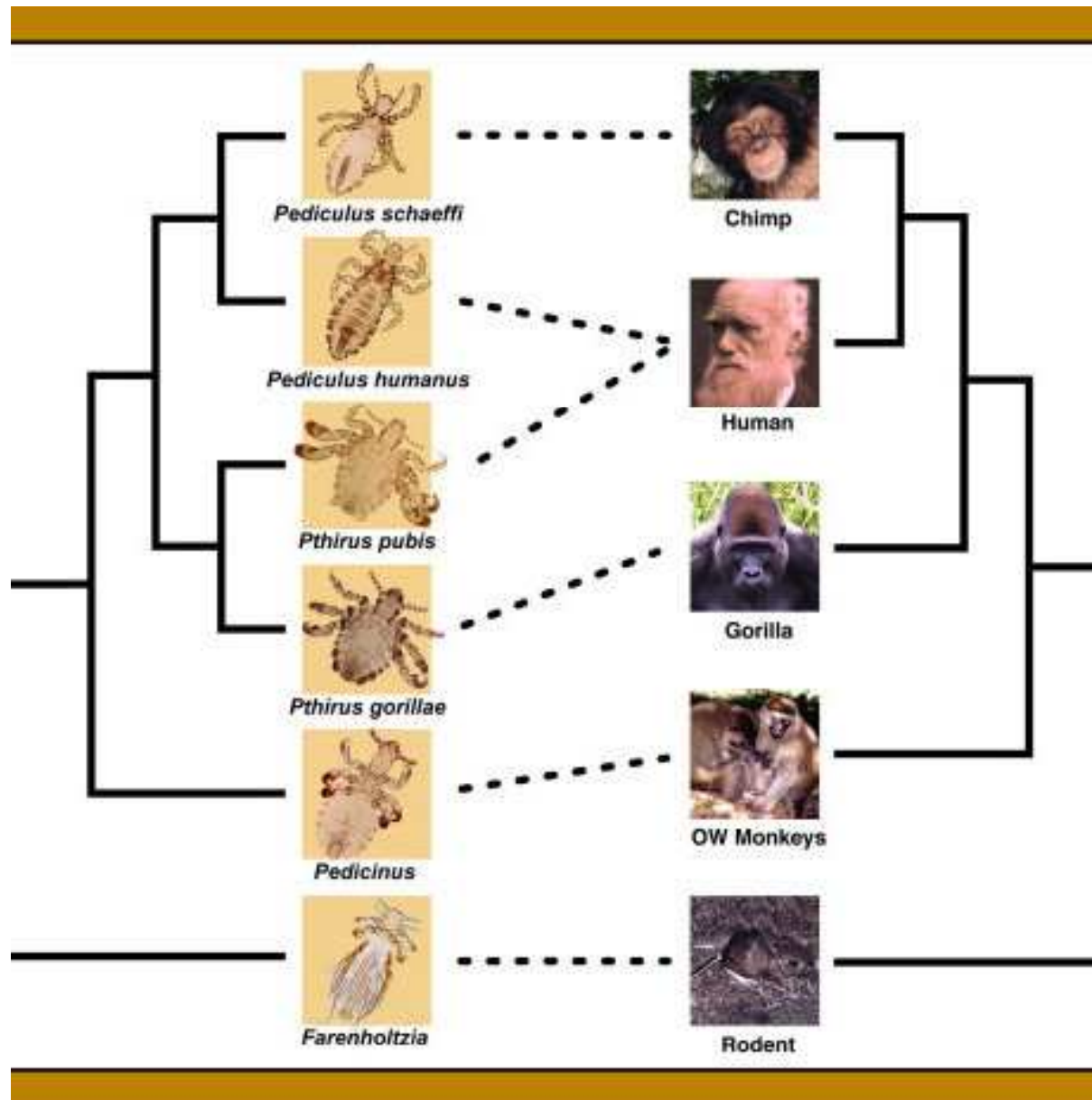


Decapodiformes(a)



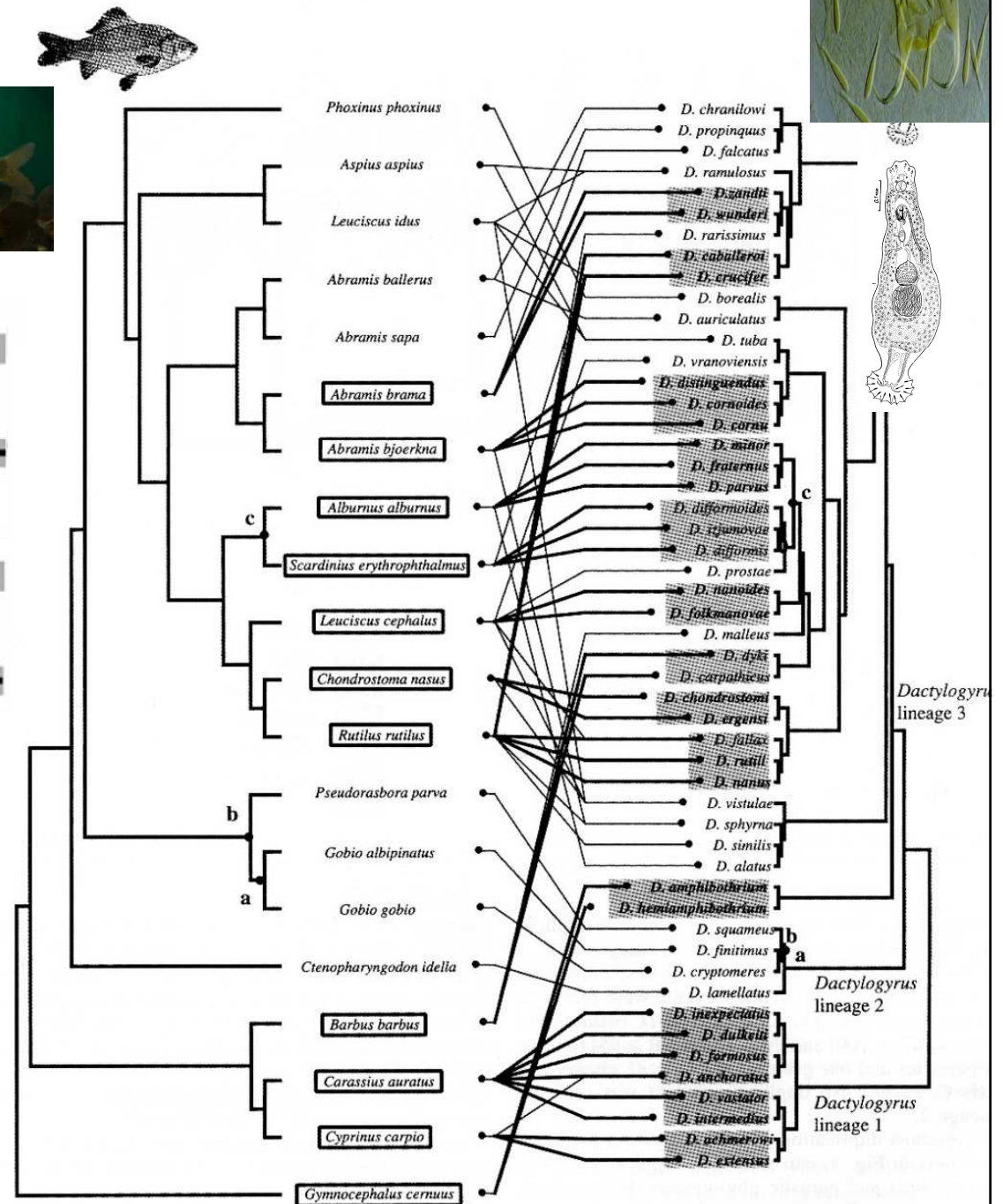
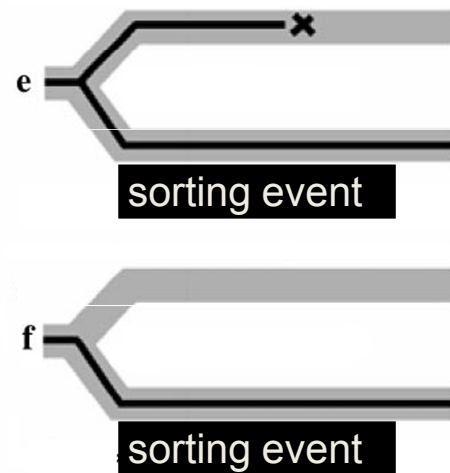
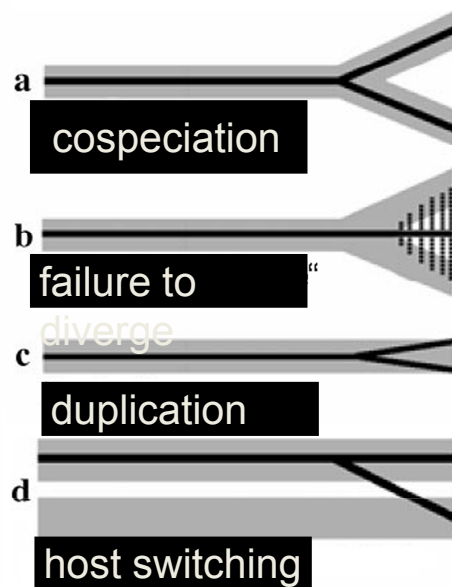
Octopodiformes (b)

Koevoluce primátů a jejich vší



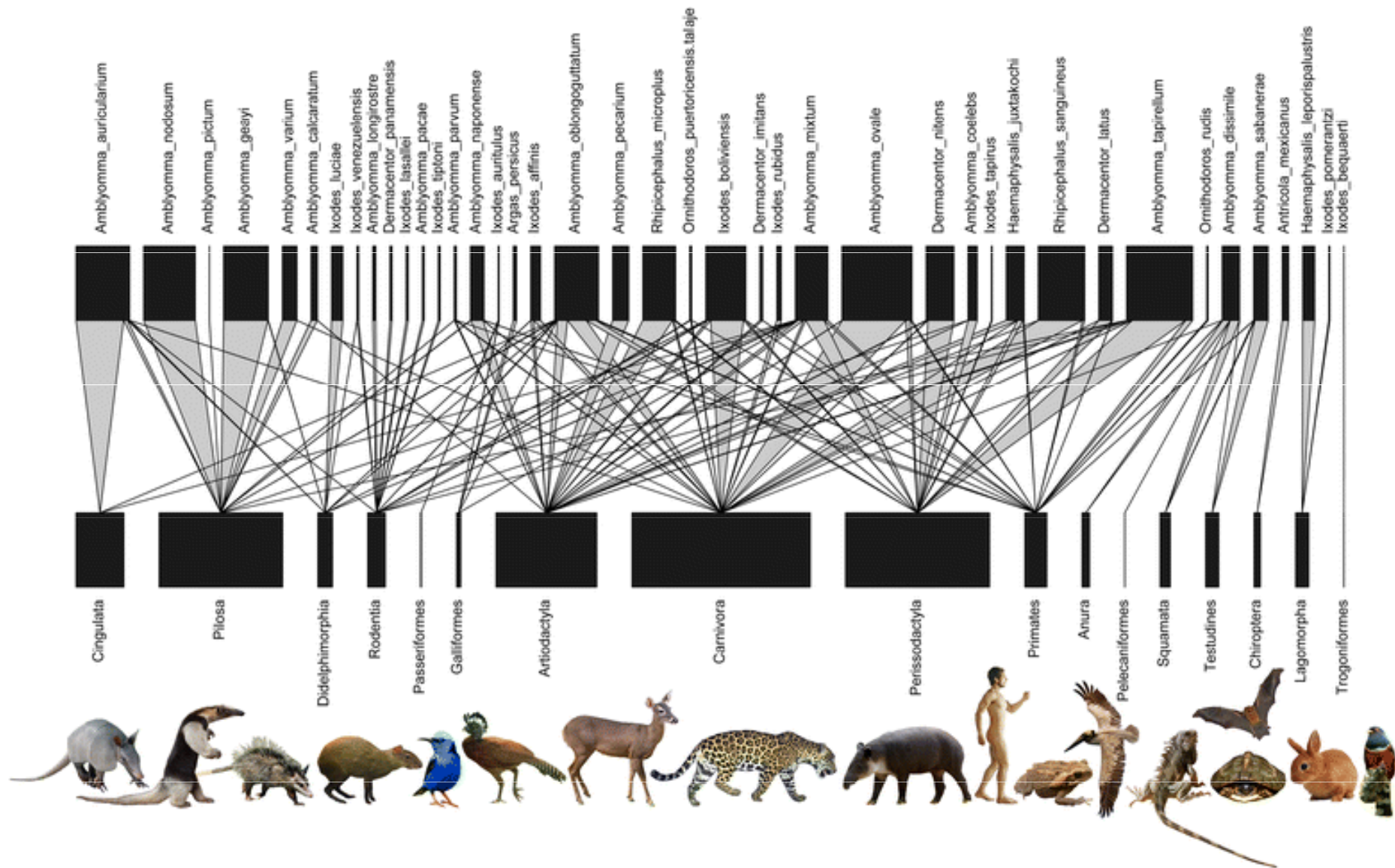
Koevoluce v parazito-hostitelském systému

Host-specific parasites and fish hosts



Šimková et al., Evolution 2004

Hostitelská specificita společenstev neotropických klíšťat.



Typy distribuce cizopasníků

- Geografická distribuce
- Hostitelská specificita (mezi různými druhy hostitelů)
- **Frekvenční distribuce** (v hostitelské populaci)
- Mikrohabitat distribuce (lokalizace v organismu hostitele)

Distribuce v populaci hostitele (Frekvenční distribuce)

Definice populace - obecně

Populace je většinou definována jako skupina jedinců stejného druhu se společným genofondem, která obývá určitou oblast.

Jedinci se mezi sebou mohou volně křížit a pochází ze stejného předka.

Pojem populace tedy nejde dobře aplikovat na druh s převažujícím vegetativním rozmnožováním.

Populace v biologii



Hejno špačků (až 310 milionů)

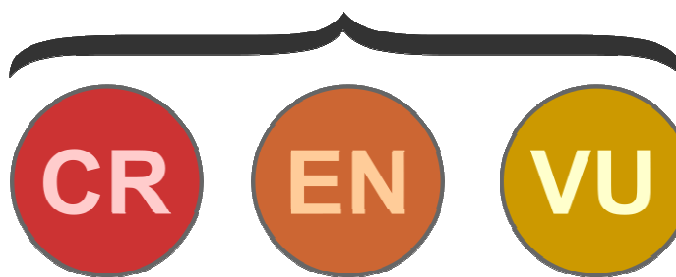


Stádo pakoní a zeber, Masai Mara, Kenya

Extinct



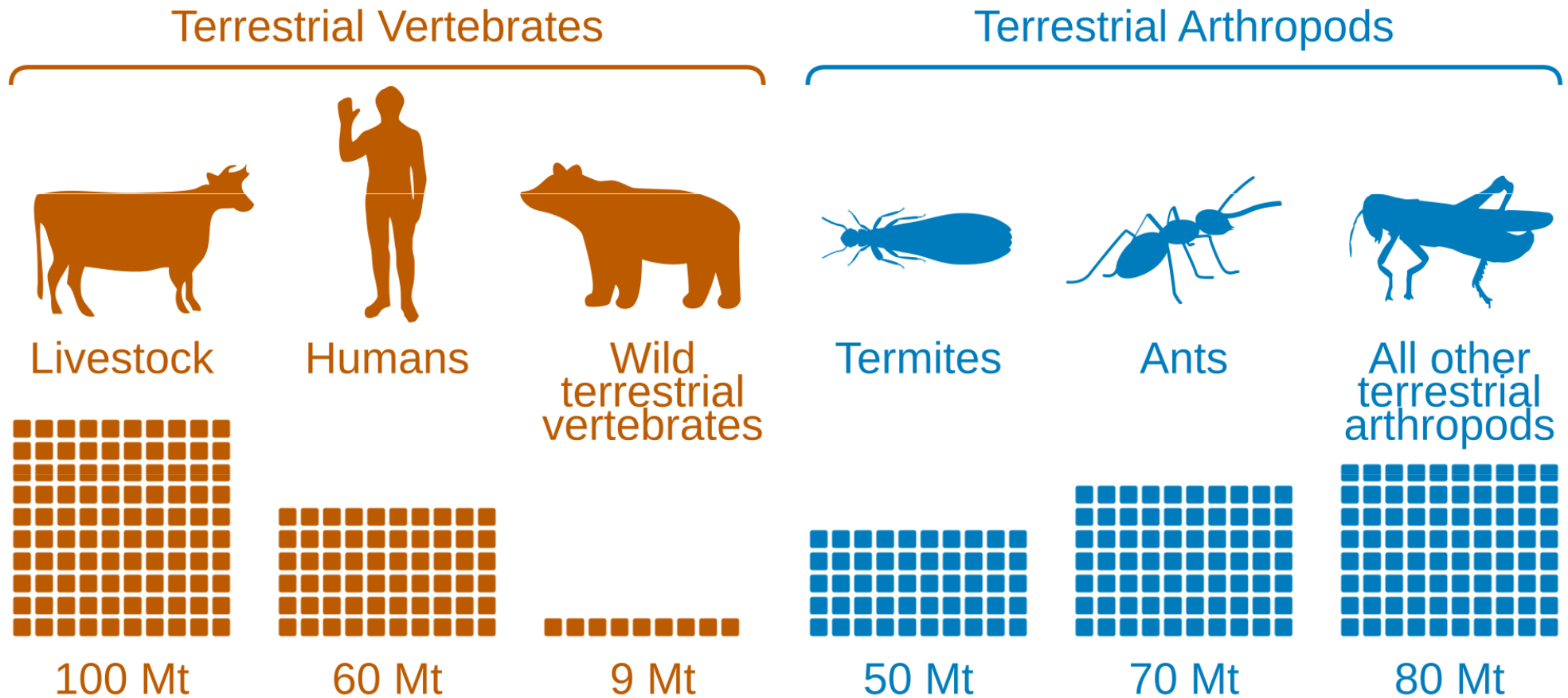
Threatened



Least Concern

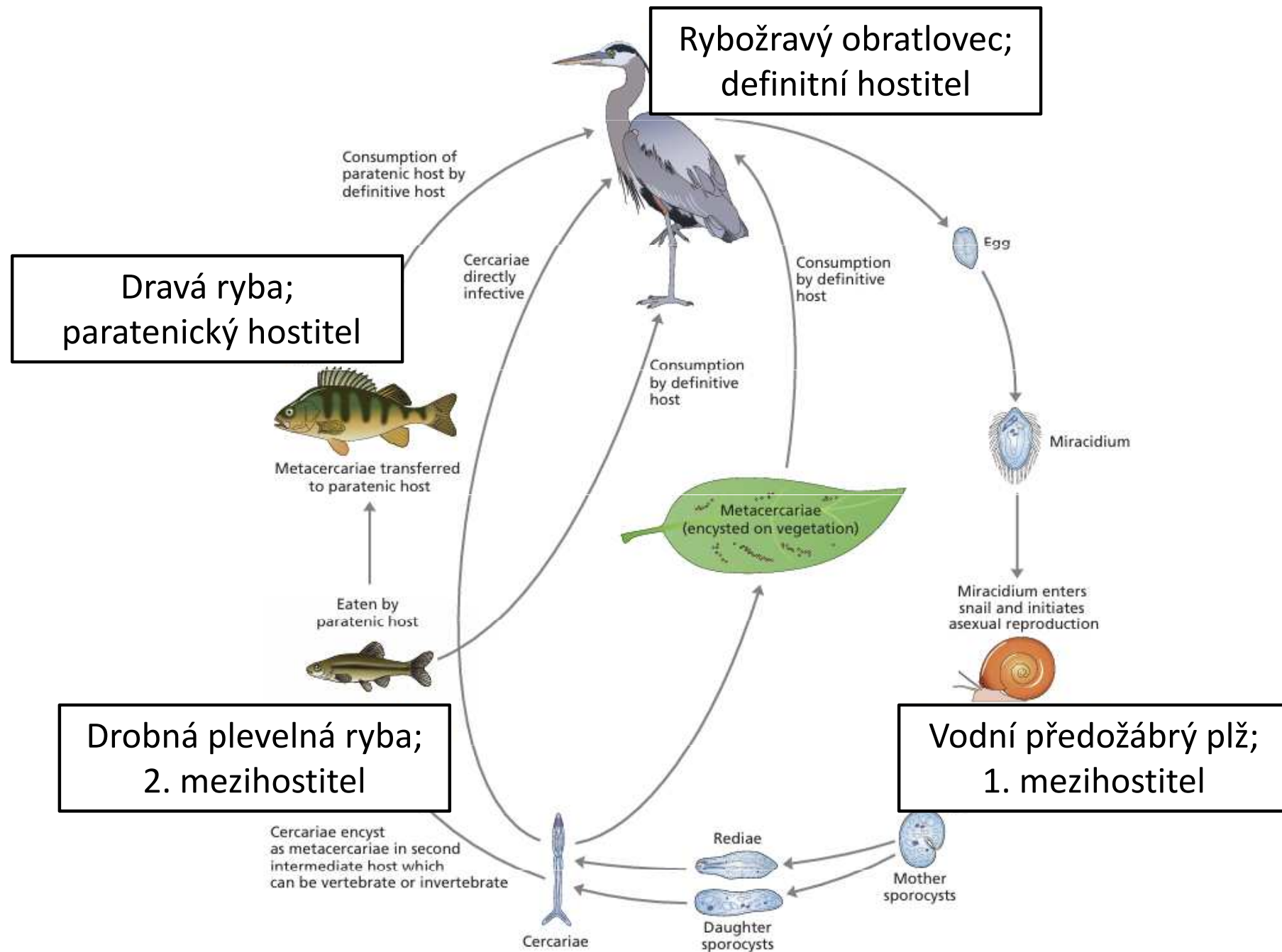


Globální relativní srovnání biomasy terestrických obratlovců a bezobratlých



Estimates of global biomass in million tonnes of carbon

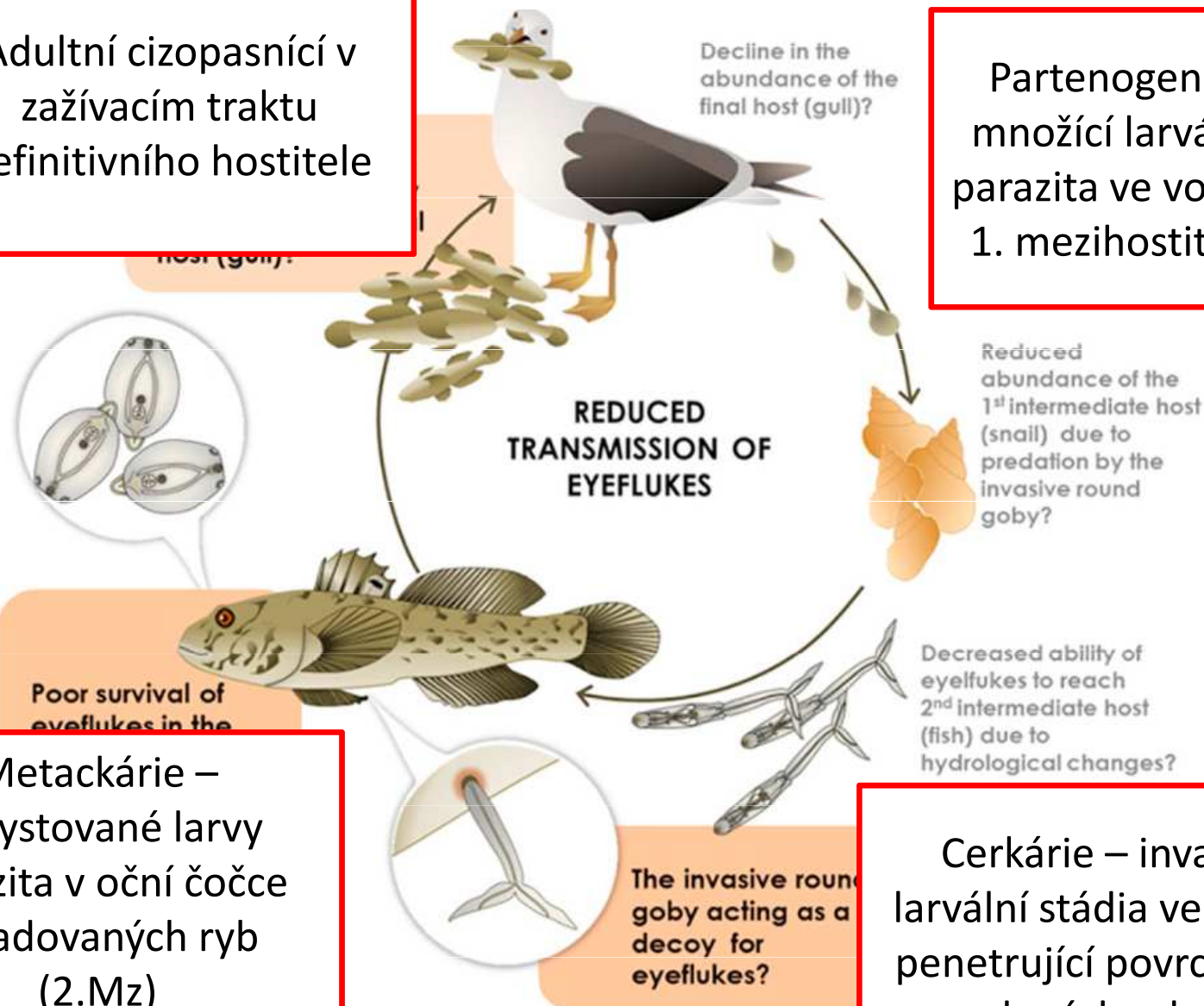
Trixení životní cyklus motolice



Fragmentace populace cizopasníka

Adultní cizopasníci v
zažívacím traktu
definitivního hostitele

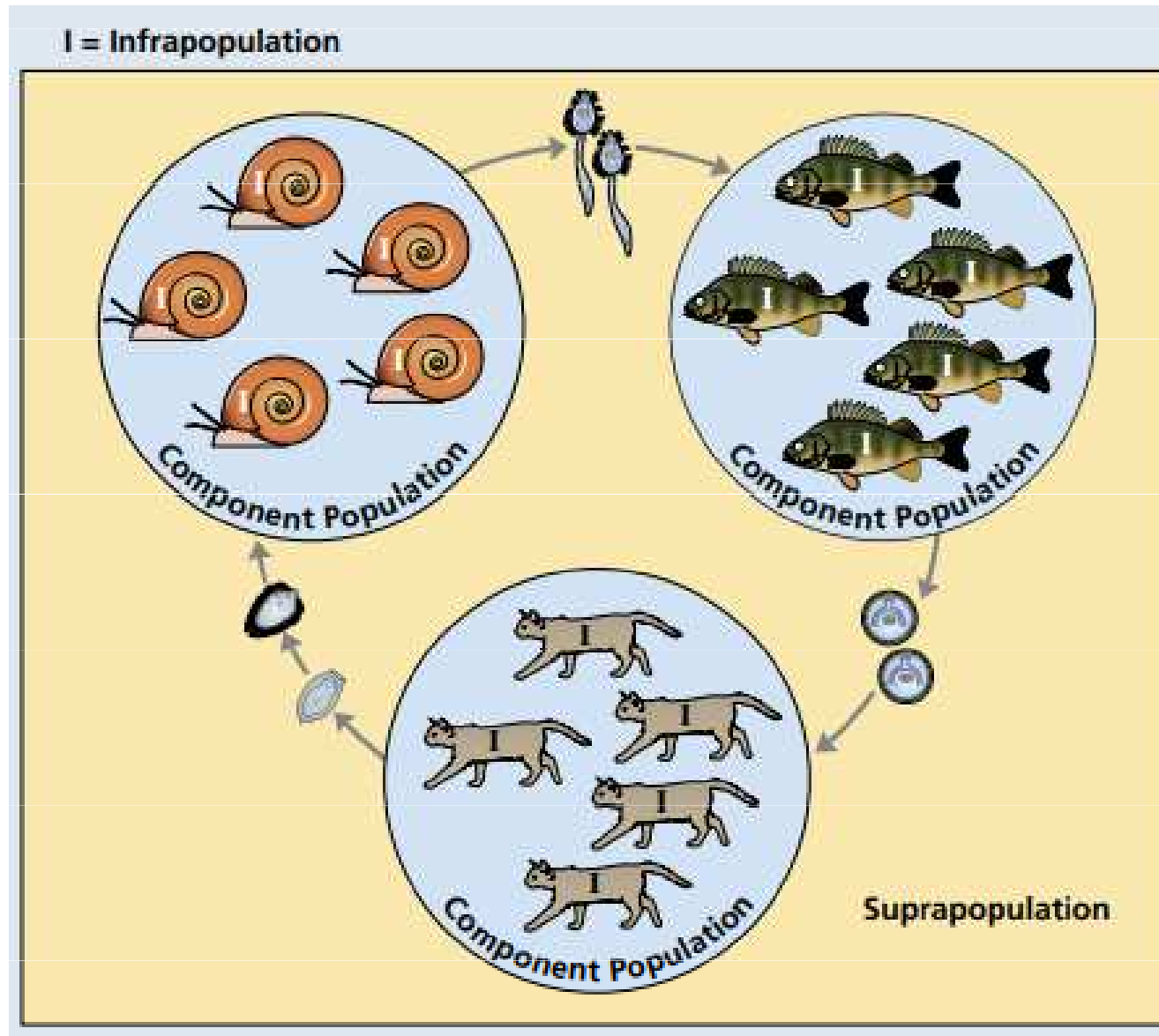
Partenogeneticky se
množící larvální stádia
parazita ve vodním plži -
1. mezipostiteli (1.Mz)



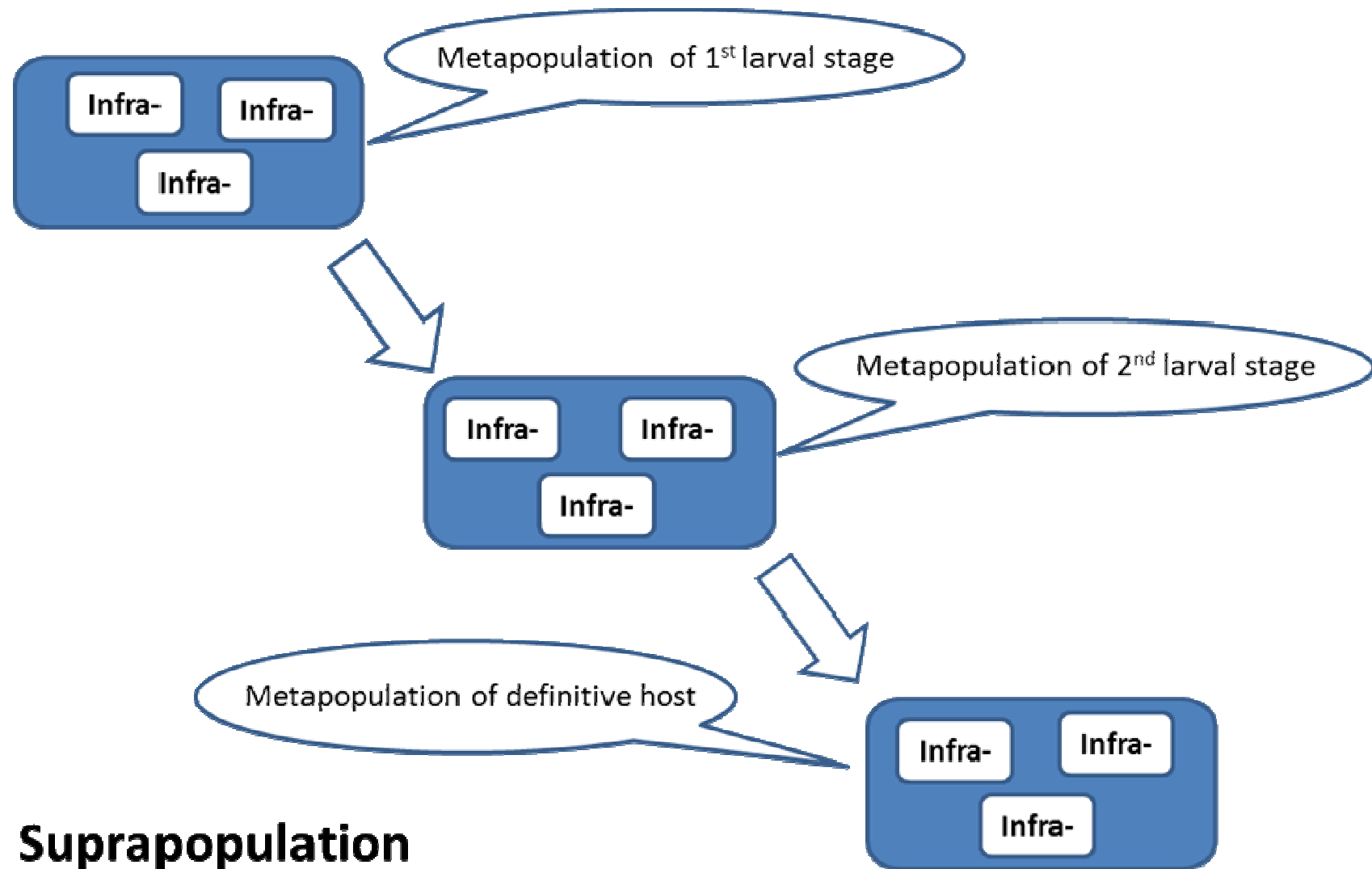
Metackárie –
encystované larvy
parazita v oční čočce
invadovaných ryb
(2.Mz)

Cerkárie – invazní
larvální stádia ve vodě
penetrující povrch těla
napadených ryb (2Mz)

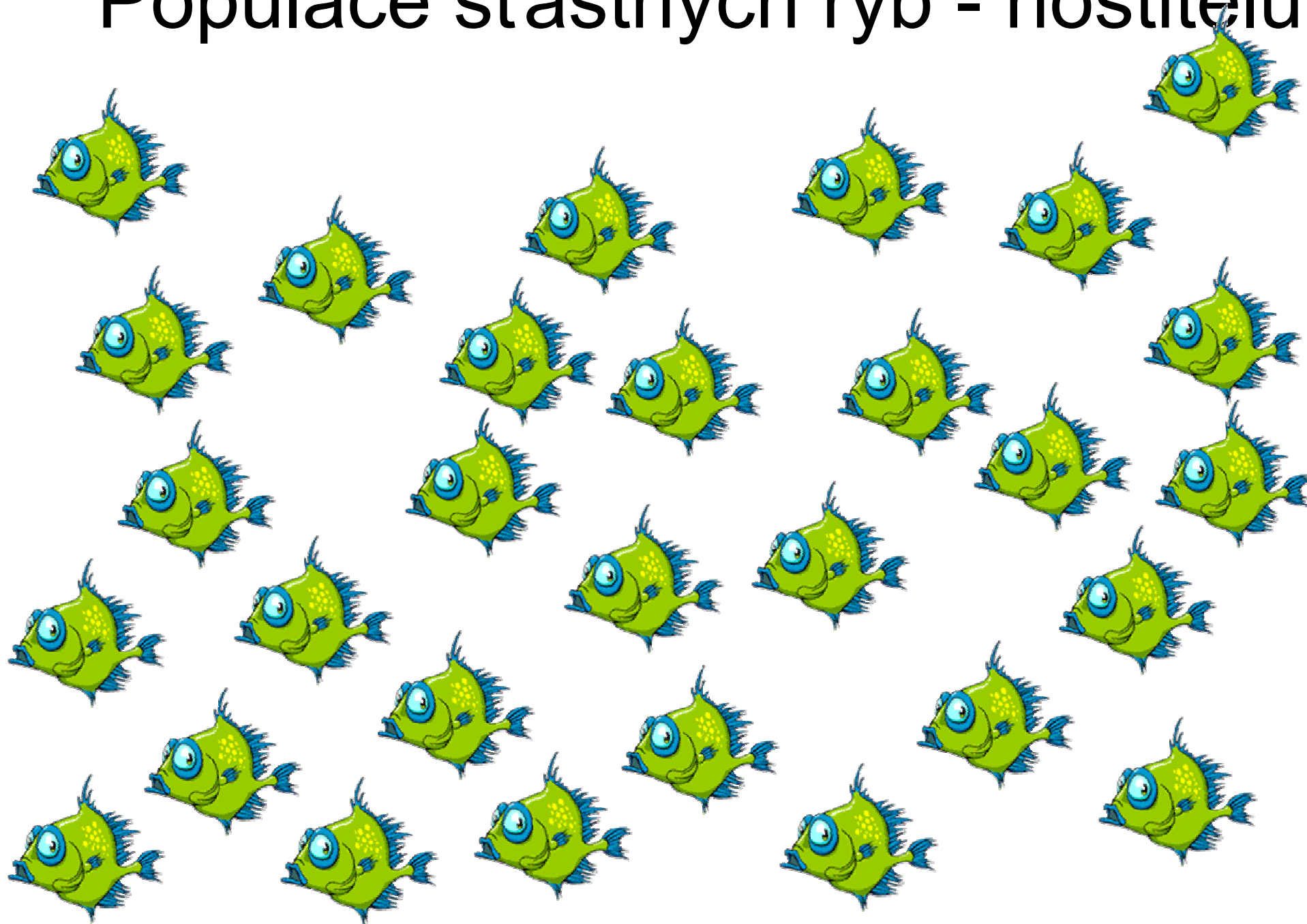
Hierarchie organizace populace parazita na infra, component a supra populaci



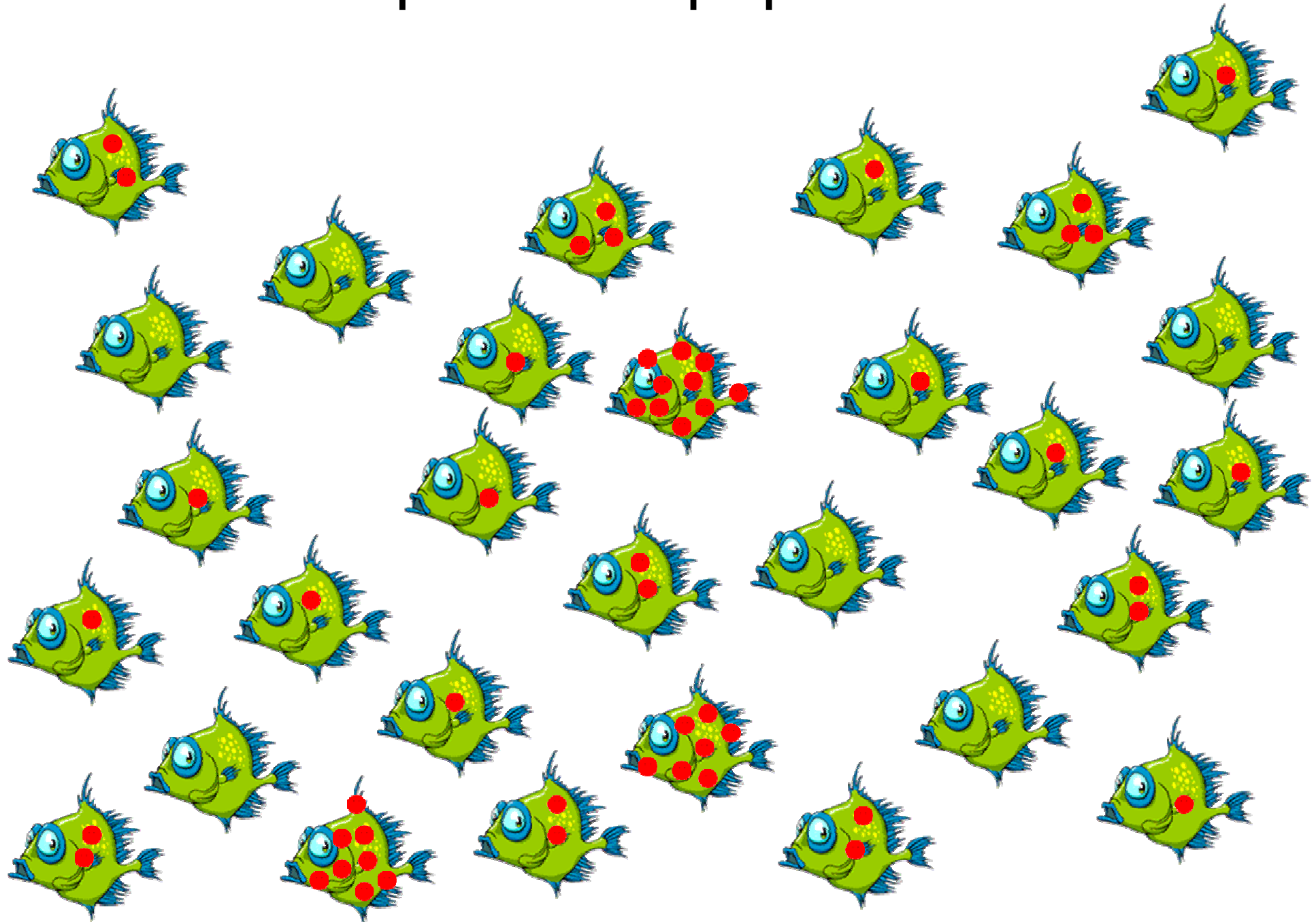
Hierarchická struktura populace parazita



Populace šťastných ryb - hostitelů

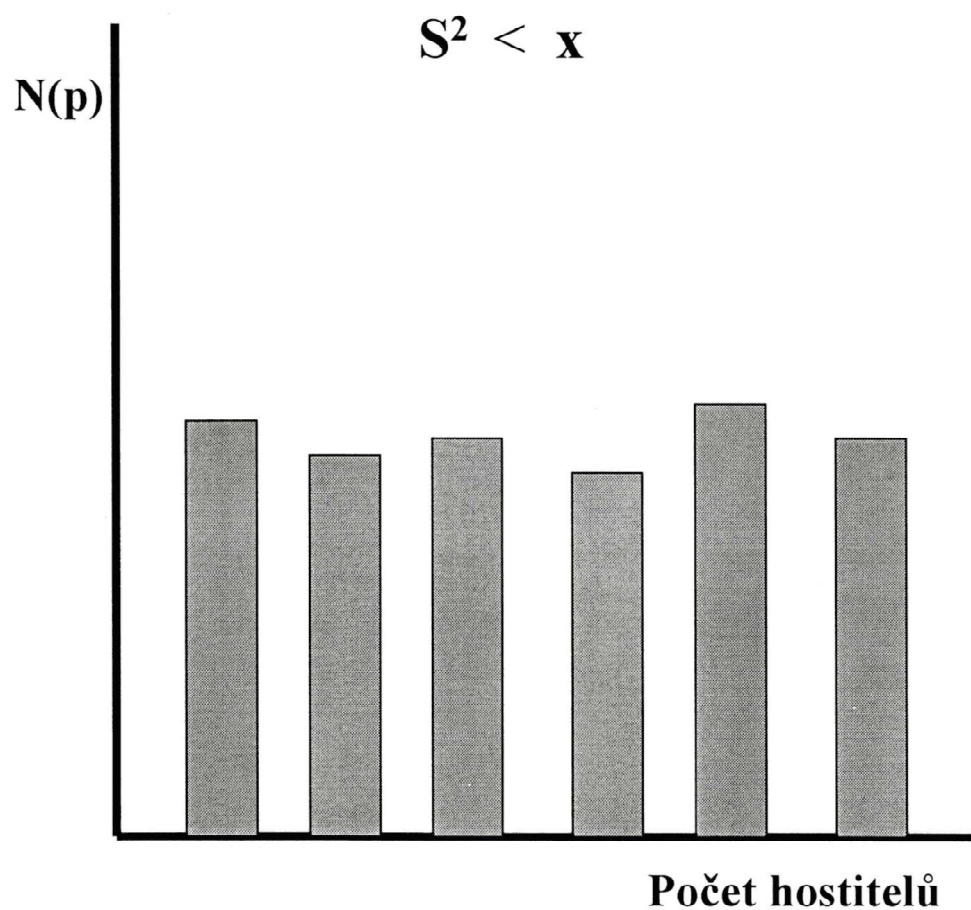


Distribuce paraziti v populaci hostitele

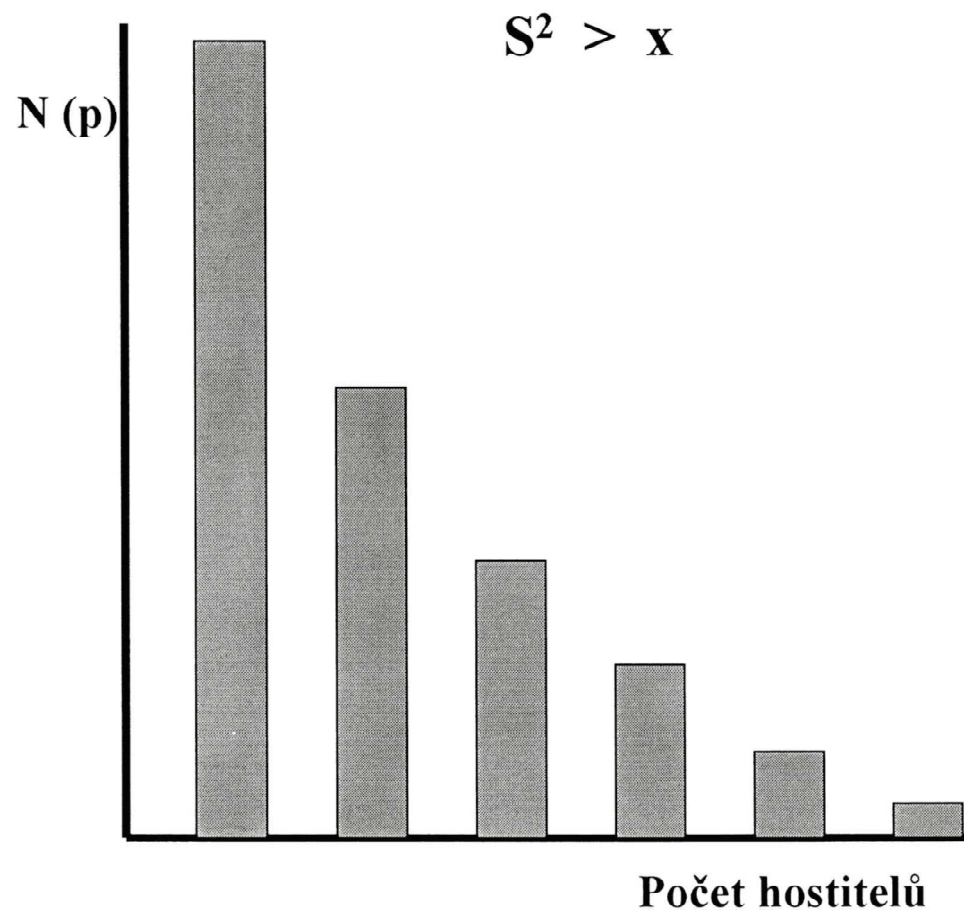


Frekvenční distribuce

Rovnoměrná distribuce



Agregovaná distribuce



Typy frekvenční distribuce



**Všichni H mají
stejně P**

$$S^2 < x$$

**Faktory generující
rovnoměrné distribuci**

- mortalita P
- hostitelská imunita
- procesy závislé na hustotě populace
- mortalita H indukovaná P

**P jsou náhodně
rozloženi**

$$S^2 = x$$

**Všichni P jsou
v jednom H**

$$S^2 > x$$

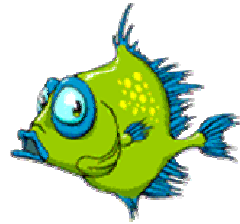
**Faktory generující
agregovanou distribuci**

- heterogenita v chování hostitele
- heterogenita v imunitě
- přímé množení P na H
- prostorová heterogenita distribuce invazních stádií

Distribuce parazitů (●) v populaci hostitele



Většina jedinců nemá
žádné parazity



První zákon parazitismu

Počet hostitelů

Mnoho jedinců má jen
1 parazita

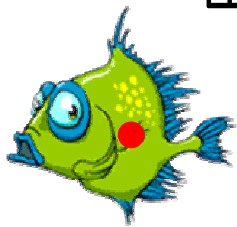
Několik jedinců
má většinu parazitů



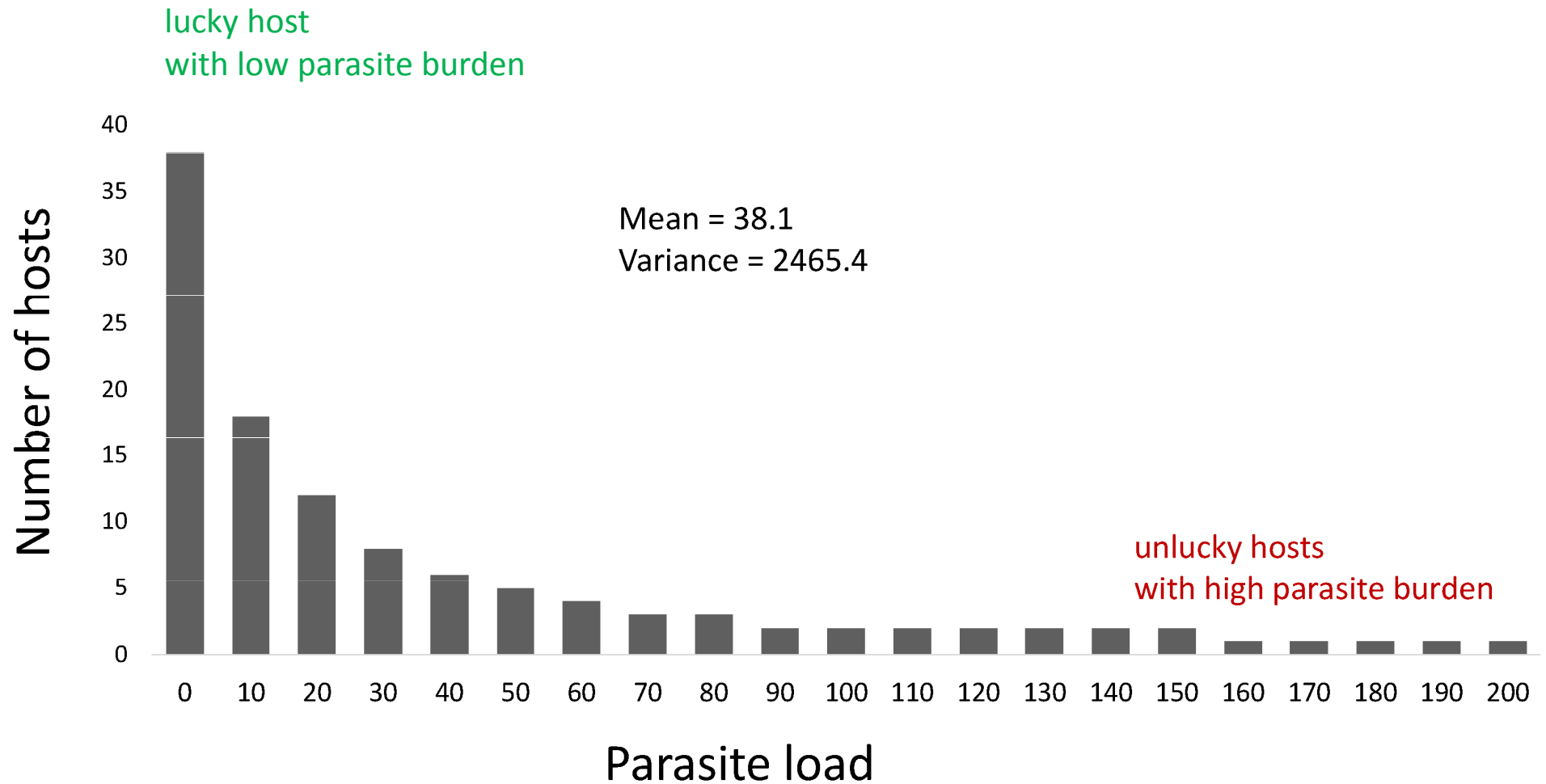
0

Počet parazitů na hostitele

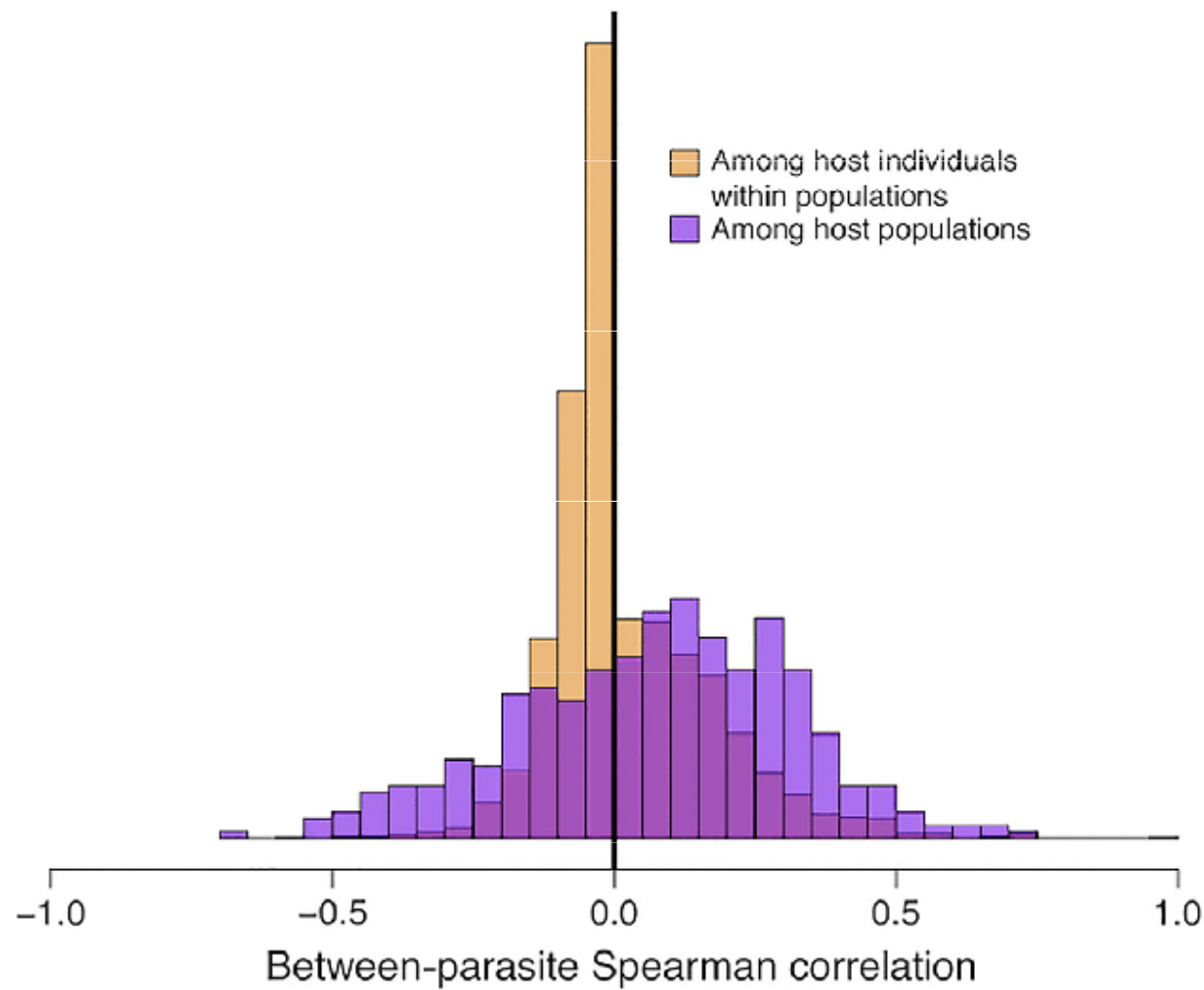
15



Frekvenční distribuce parazitů



Distribuce mezi jednotlivými hostiteli a mezi populacemi

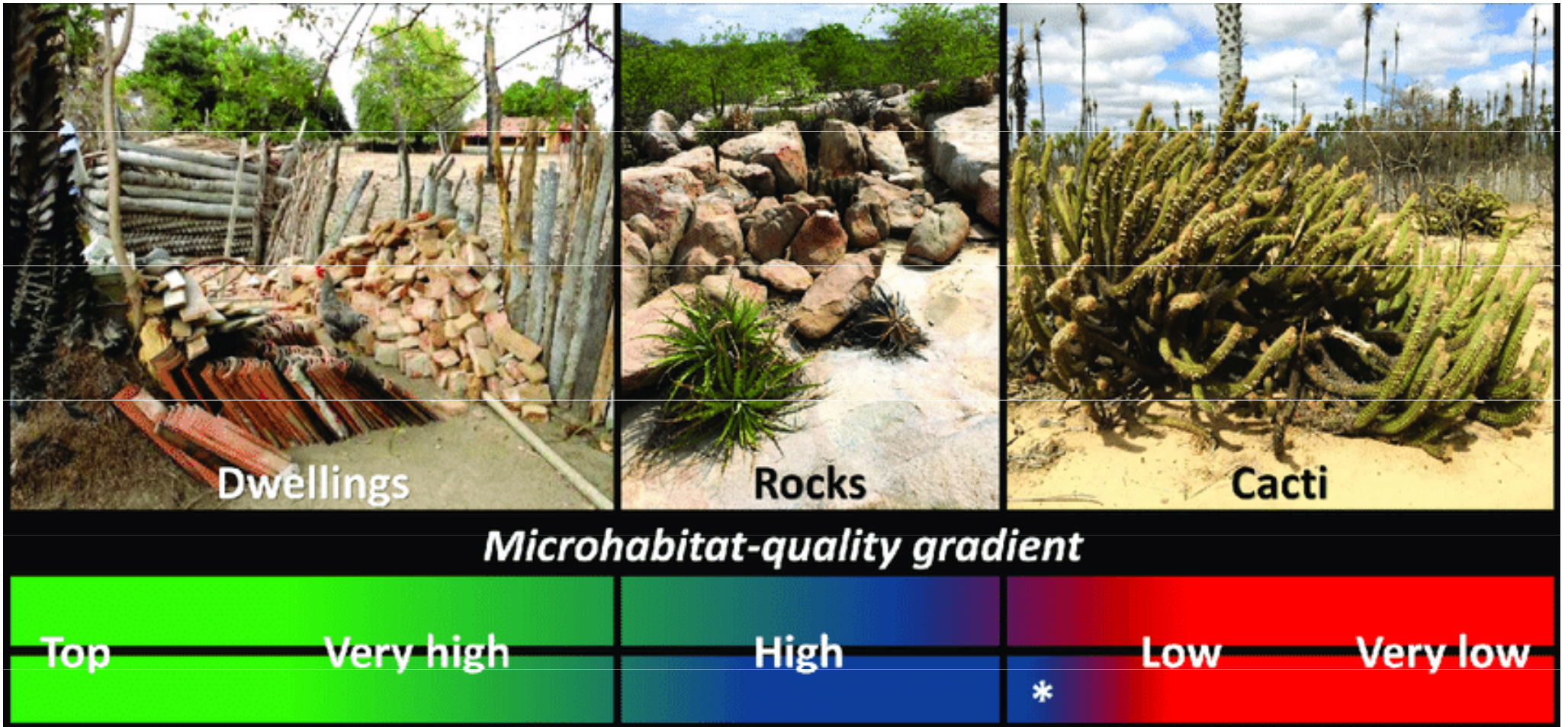


Typy distribuce cizopasníků

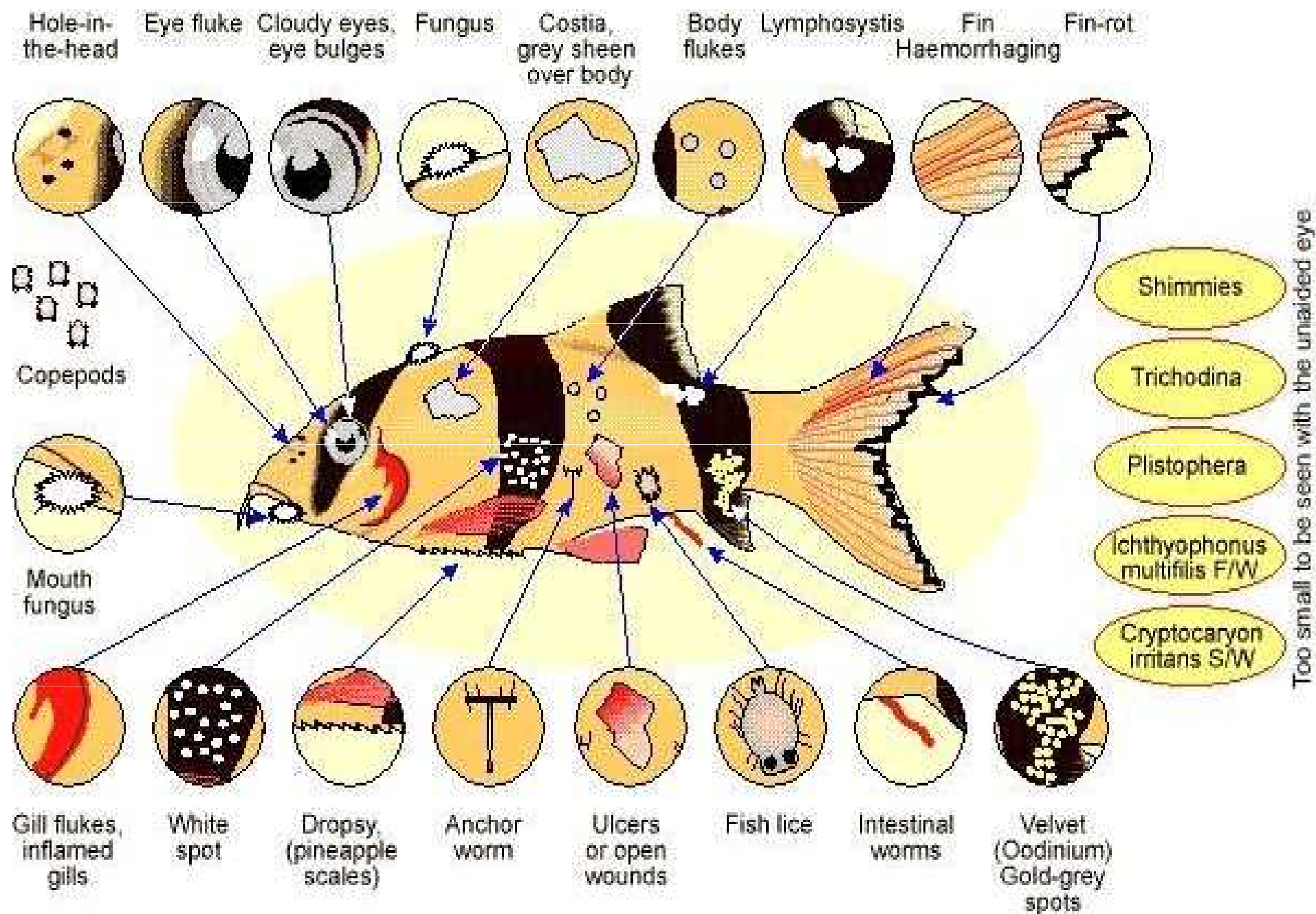
- Geografická distribuce
- Hostitelská specificita (mezi různými druhy hostitelů)
- Frekvenční distribuce (v hostitelské populaci)
- **Mikrohabitat distribuce** (lokalizace v organismu hostitele)

Distribuce na/v těle hostitele - lokalizace

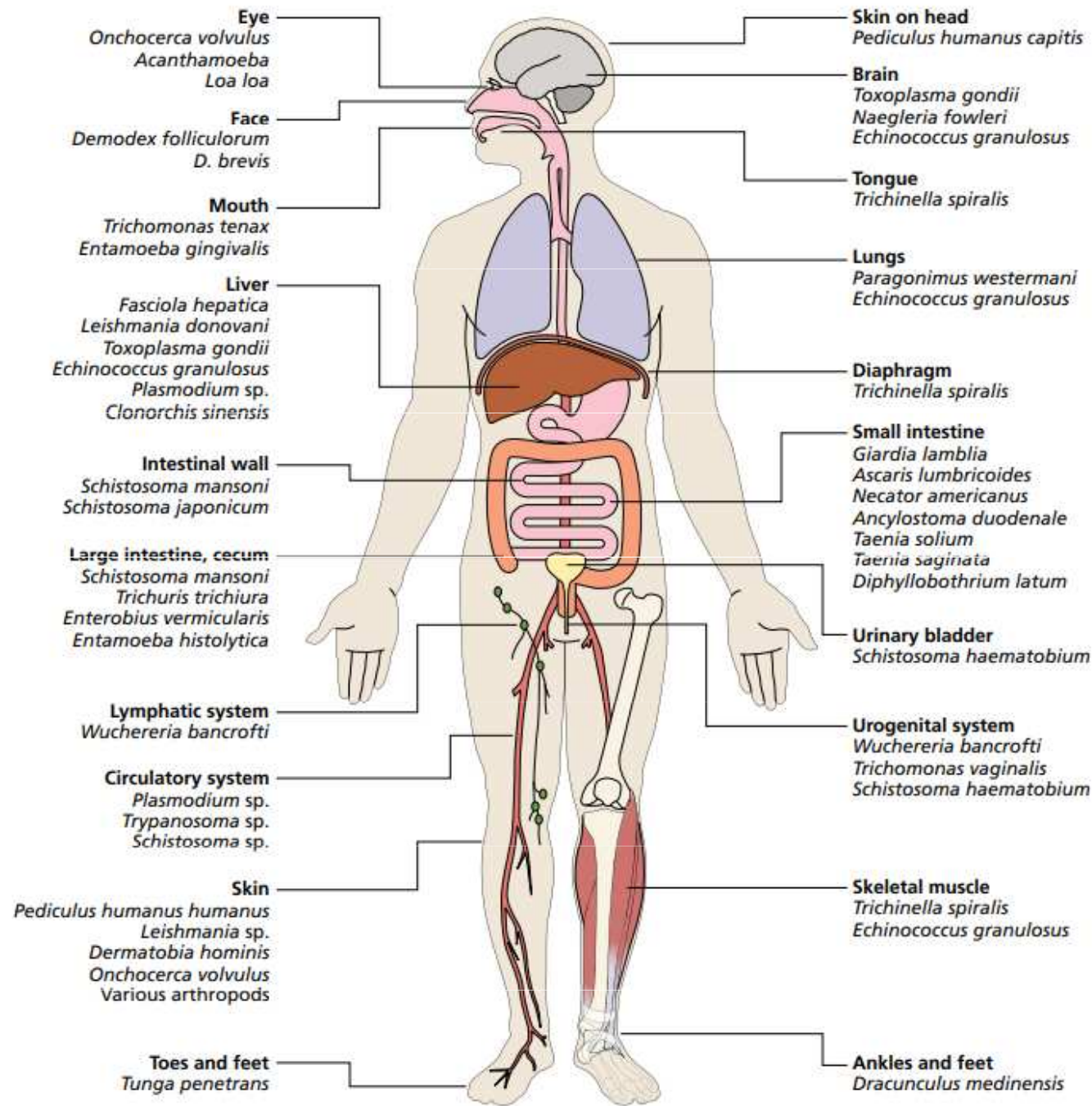
Gradienty kvality mikrohabitatu



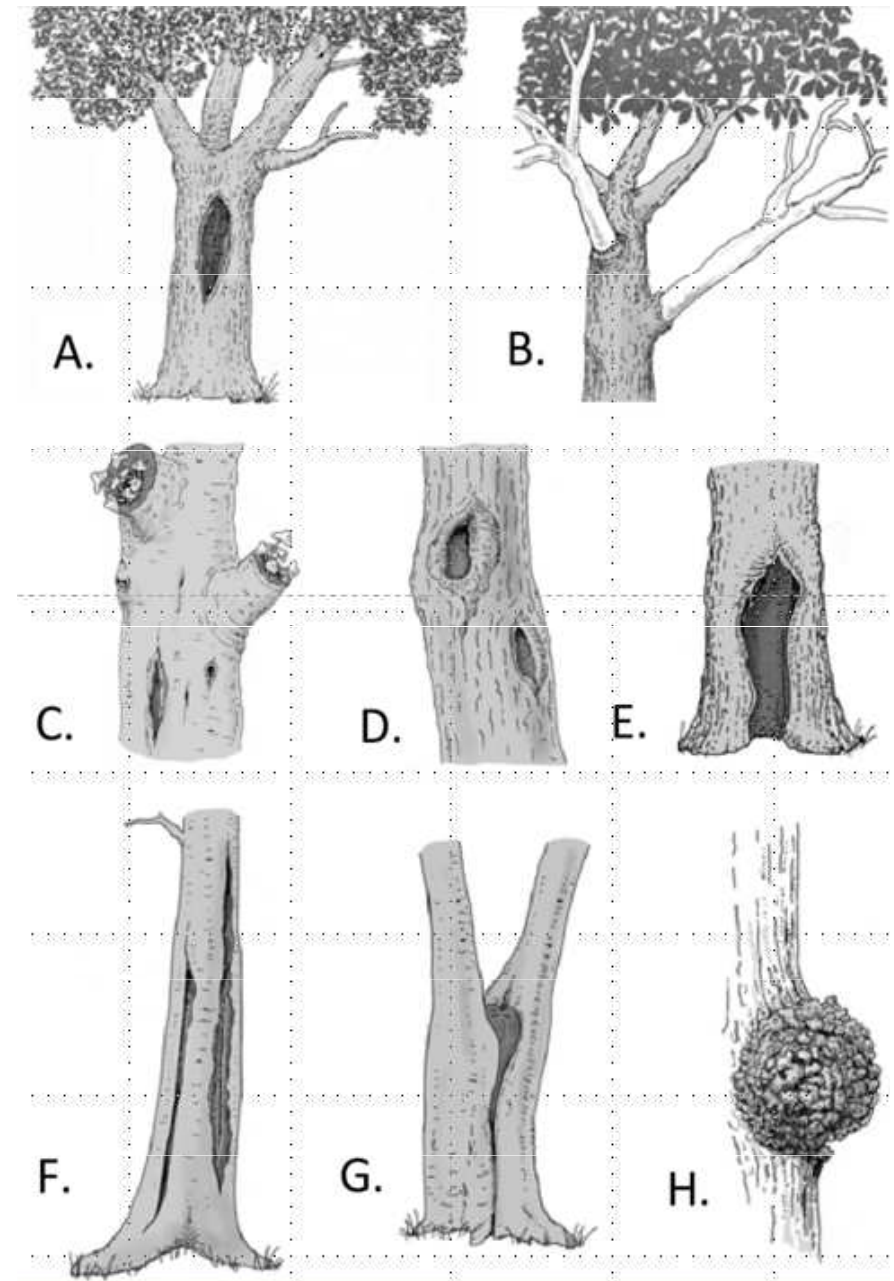
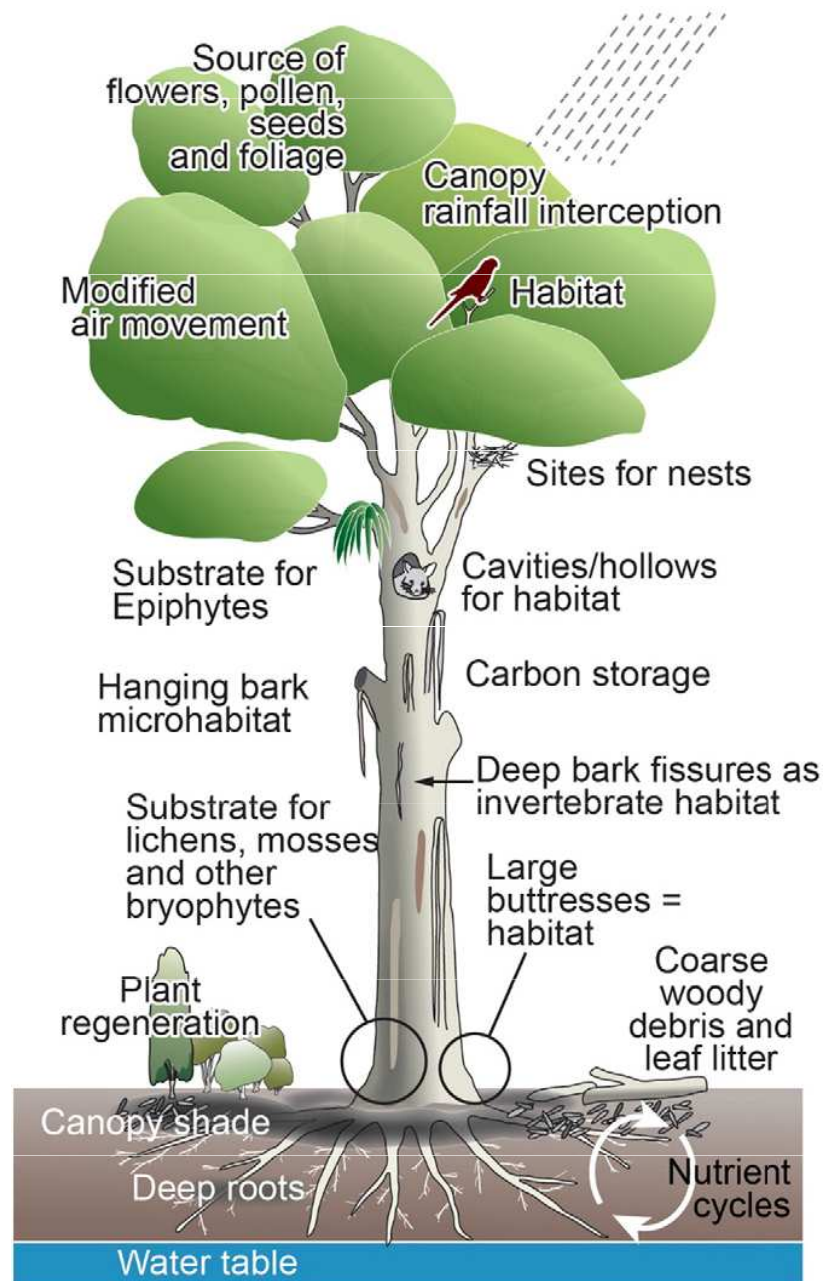
Organismus ryby jako habitat



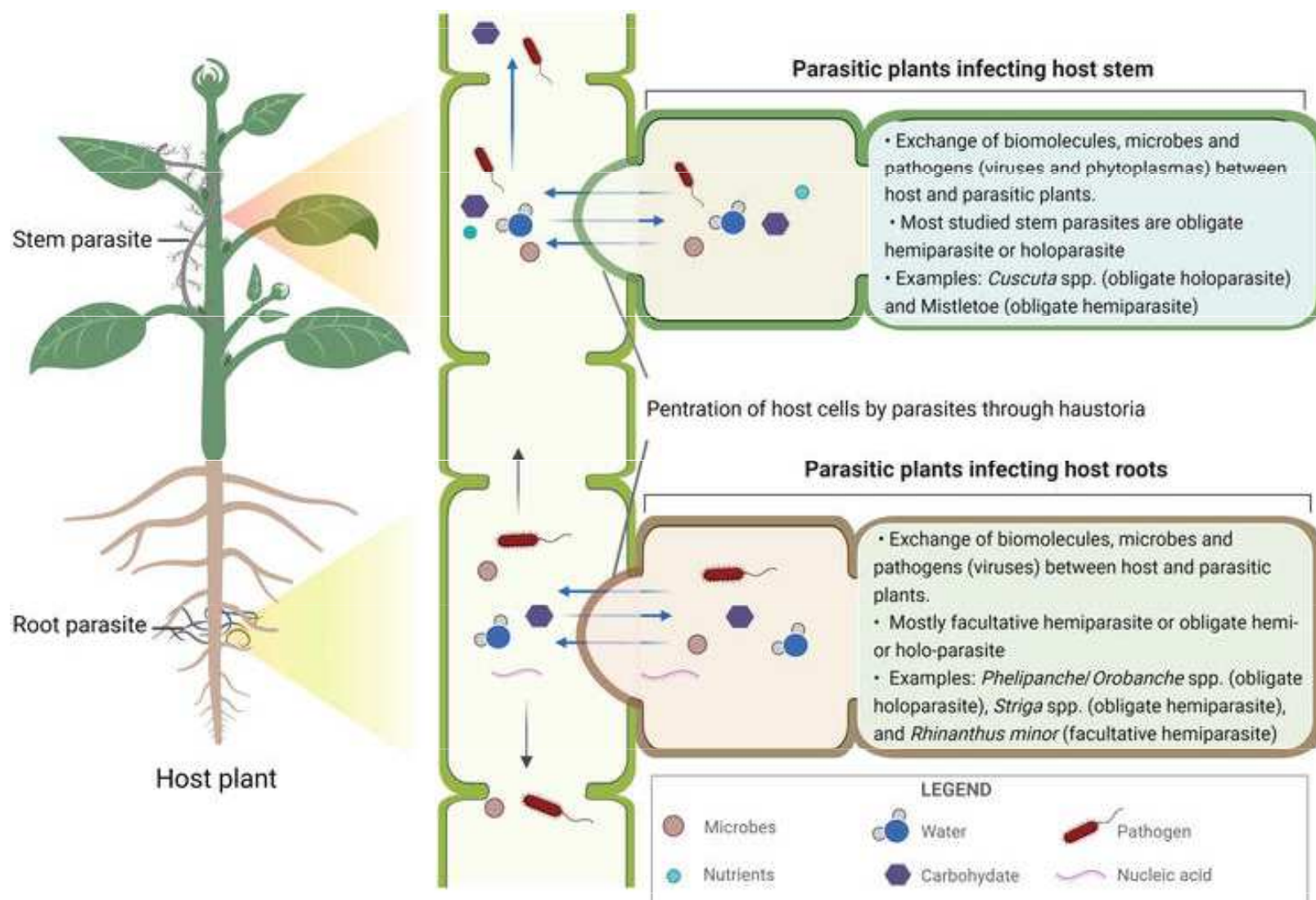
Tělo člověka jako habitat



Strom jako mikrohabitat



Mikrohabitat parazitů rostlin



Preference habitatů a jejich benefity

Druh parazita	Typ habitatu	Benefity habitatu
Plasmodium vivax	Uvnitř červené krvinky s Duffy antigenem *) viz poznámka	Základní receptor antigenu, unik před imunitou
Leishmania - amastigot	Uvnitř fagozómu nebo makrofága	Únik před protilátkovou imunitou, rezistence vůči lytickým enzymům
Adultní motolice nebo tasemnice	Tenké střevo hostitele	Vysoká dostupnost potravy, snadná disperze vajíček
Trichinella spiralis	Uvnitř skeletální svaloviny	Stabilní habitat, únik před imunitou, kontakt pro rozmnožování
Schistosoma japonicum	Mesenterické žíly hepatického cévního systému	Vysoká dostupnost potravy, kontakt při rozmnožování
Schistosoma haematobium	Cévy ve stěně močového měchýře	Únik před kompeticí, snadná disperze vajíček
Diplostomní motolice	Unitř oka ryby (metacerkárie)	Únik před imunitou, zvýšená pravděpodobnost predace
Monogenea ryb	Specifické místo na žábrech	Adaptace na strukturu hostitele, kontakt pro rozmnožování, únik před kompeticí
Vši ptáků nebo savců	Specifická velikost peří nebo srsti (chlupů)	Dokonalejší přichycení, kontakt při rozmnožování
Ektoparaziti mořských ryb	Ústa nebo záhyby kůže	Únik před aktivitou čističů

Cévní soustava – dopravní infrastruktura parazitů

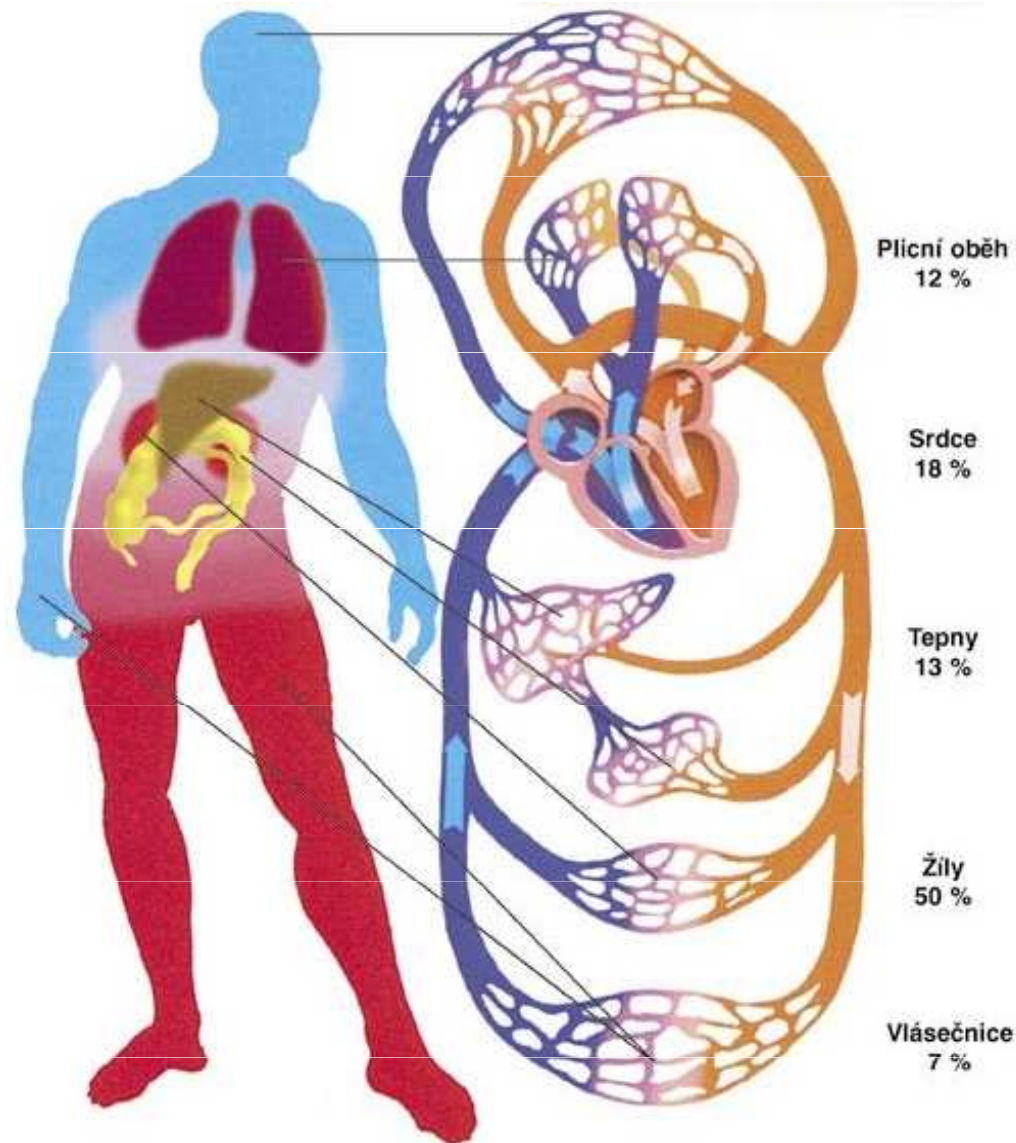
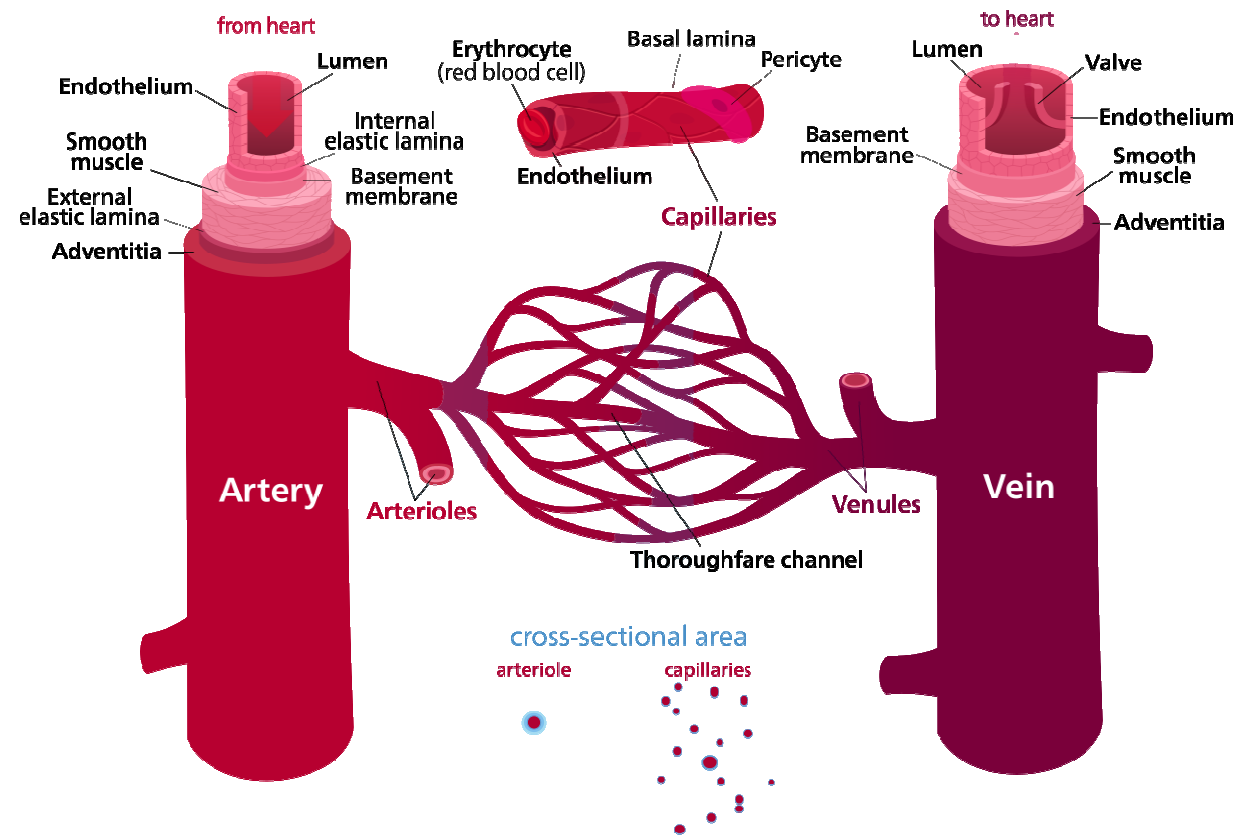
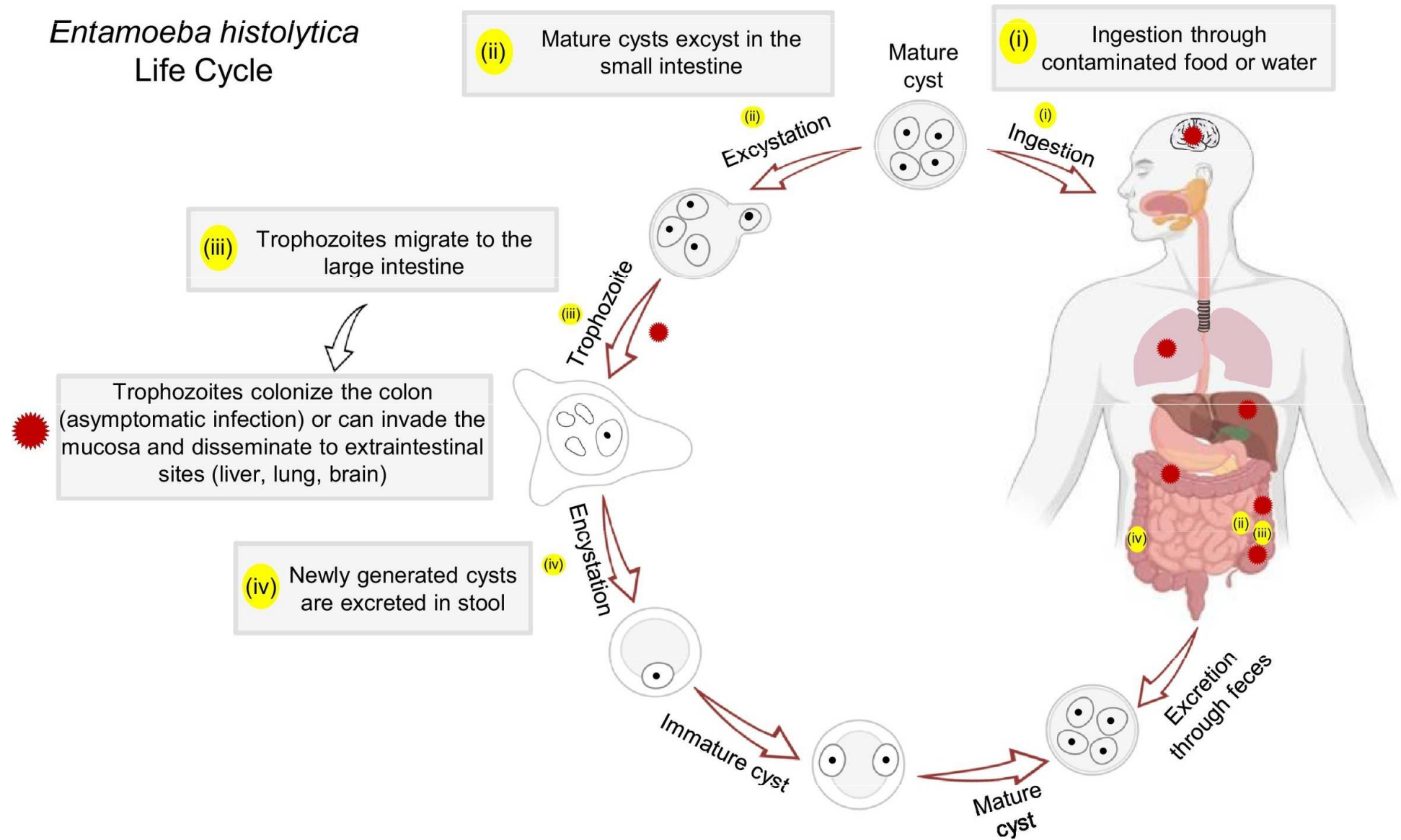


Schéma „tělních“ dálnic, státovek a okresek

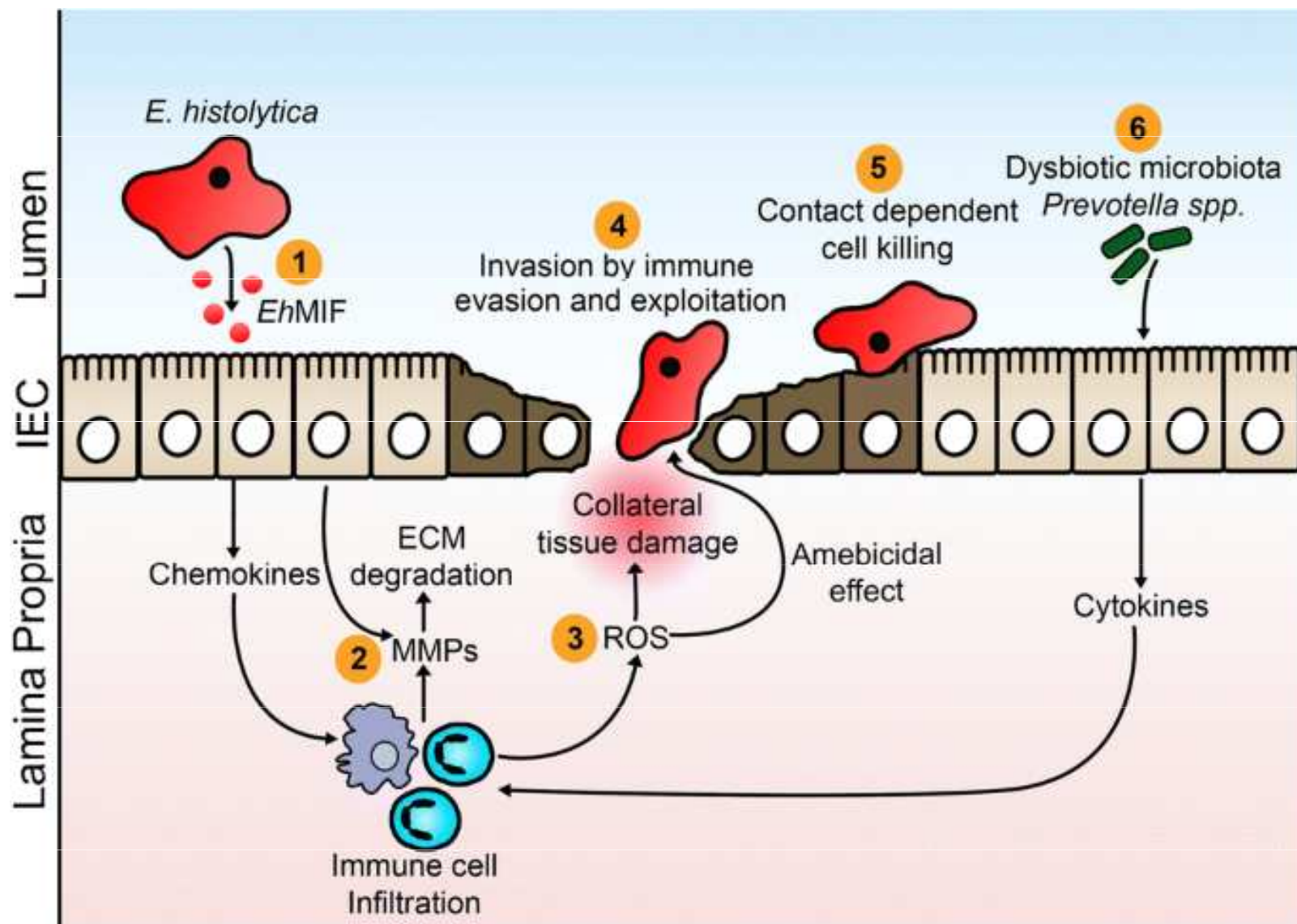


Různé mikrohabitaty migrujících trofozoitů

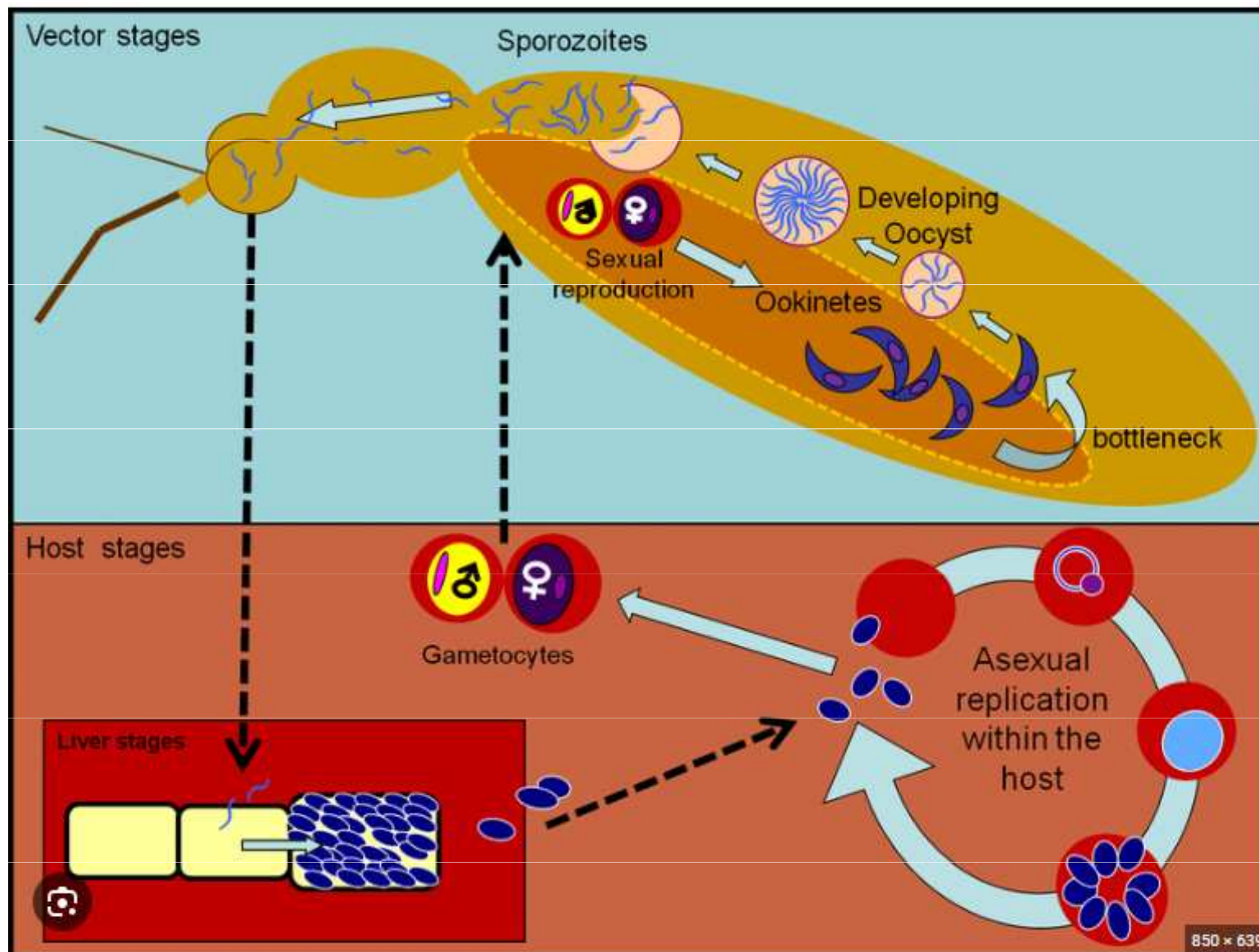
Entamoeba histolytica



Destrukce střevního epitelu a průnik *Entamoeba histolytica* do cévního systému



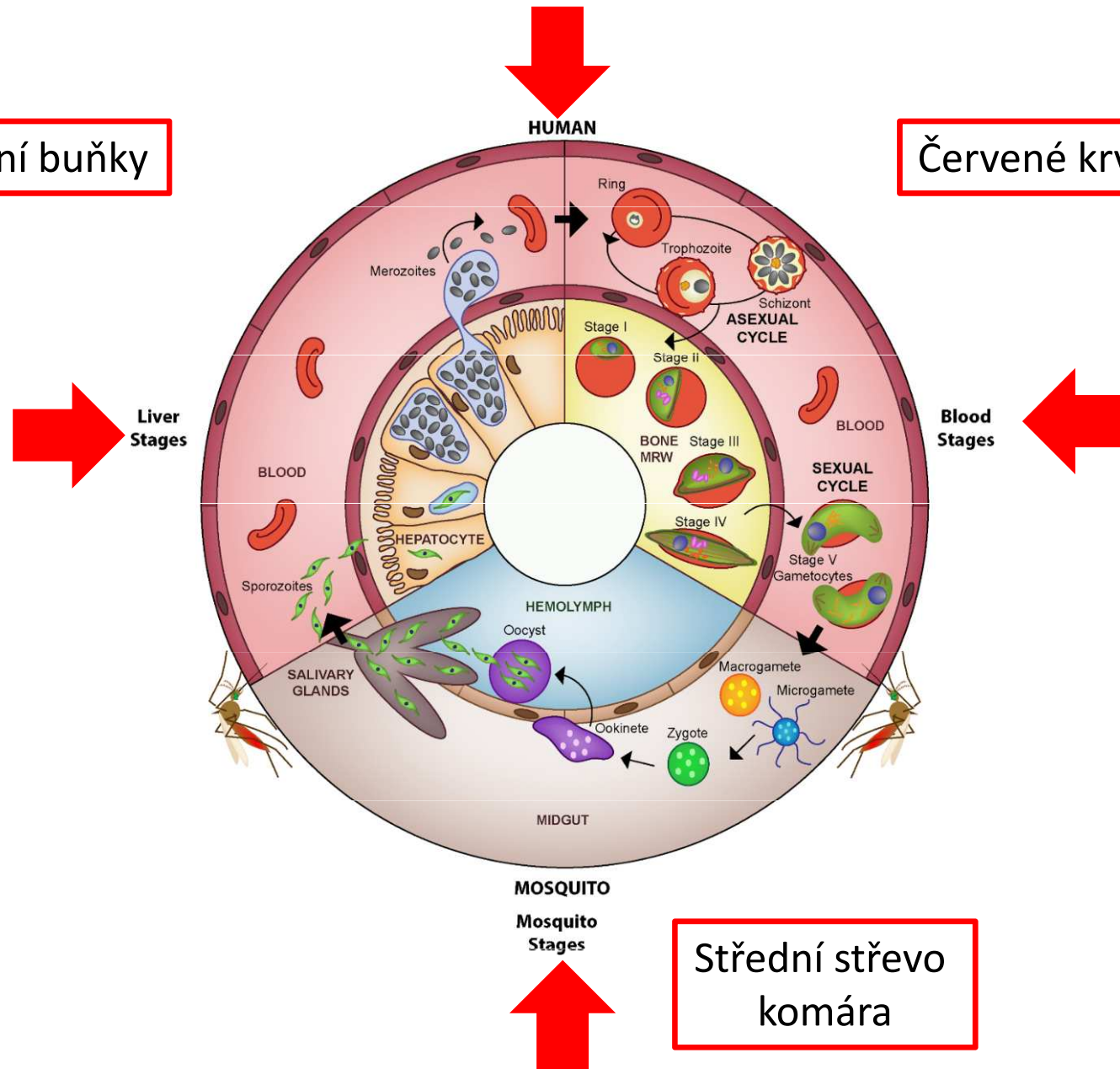
Migrace malarického *Plasmodia* během životního cyklu



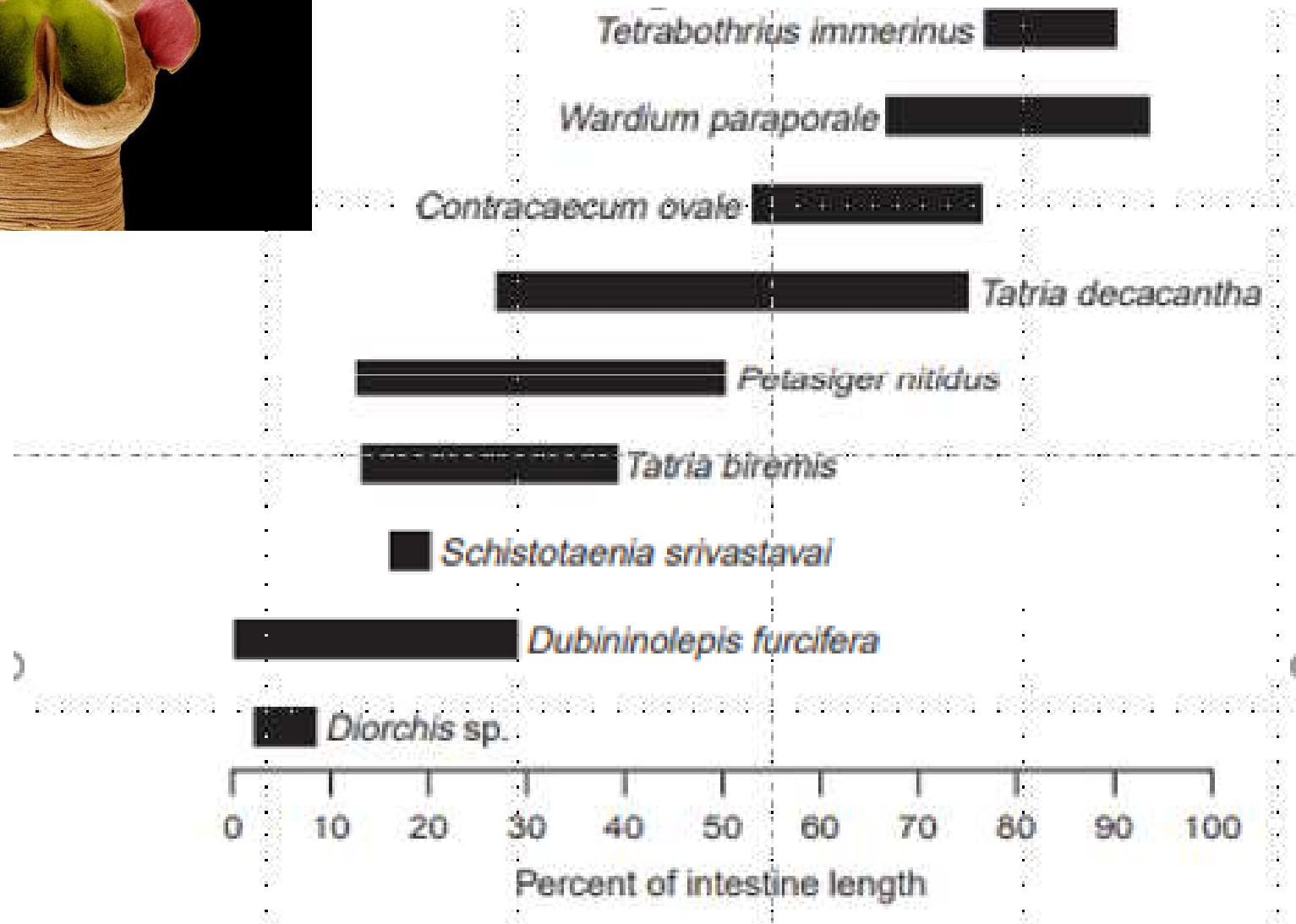
Rozdílná lokalizace vývojových stádií *Plasmodium falciparum*

Jaterní buňky

Červené krvinky

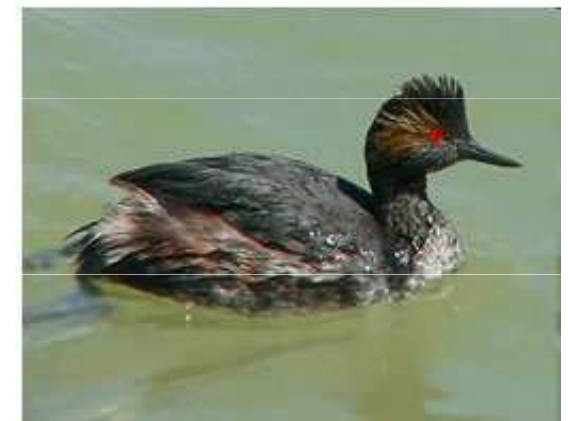
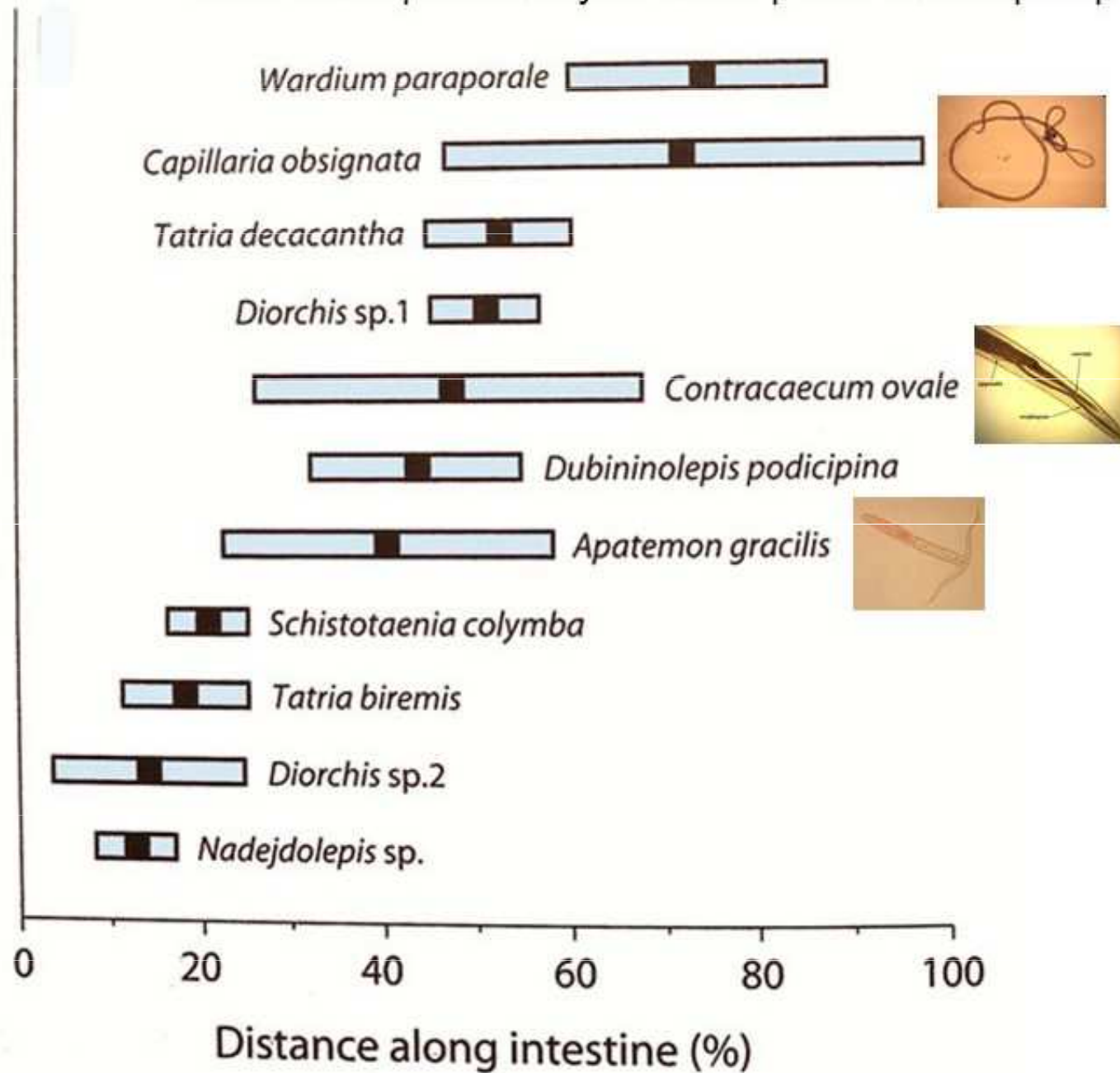


Relativní rozmístění endoparazitů (Nematoda, Trematoda, Cestoda) ve střevě vodních ptáků

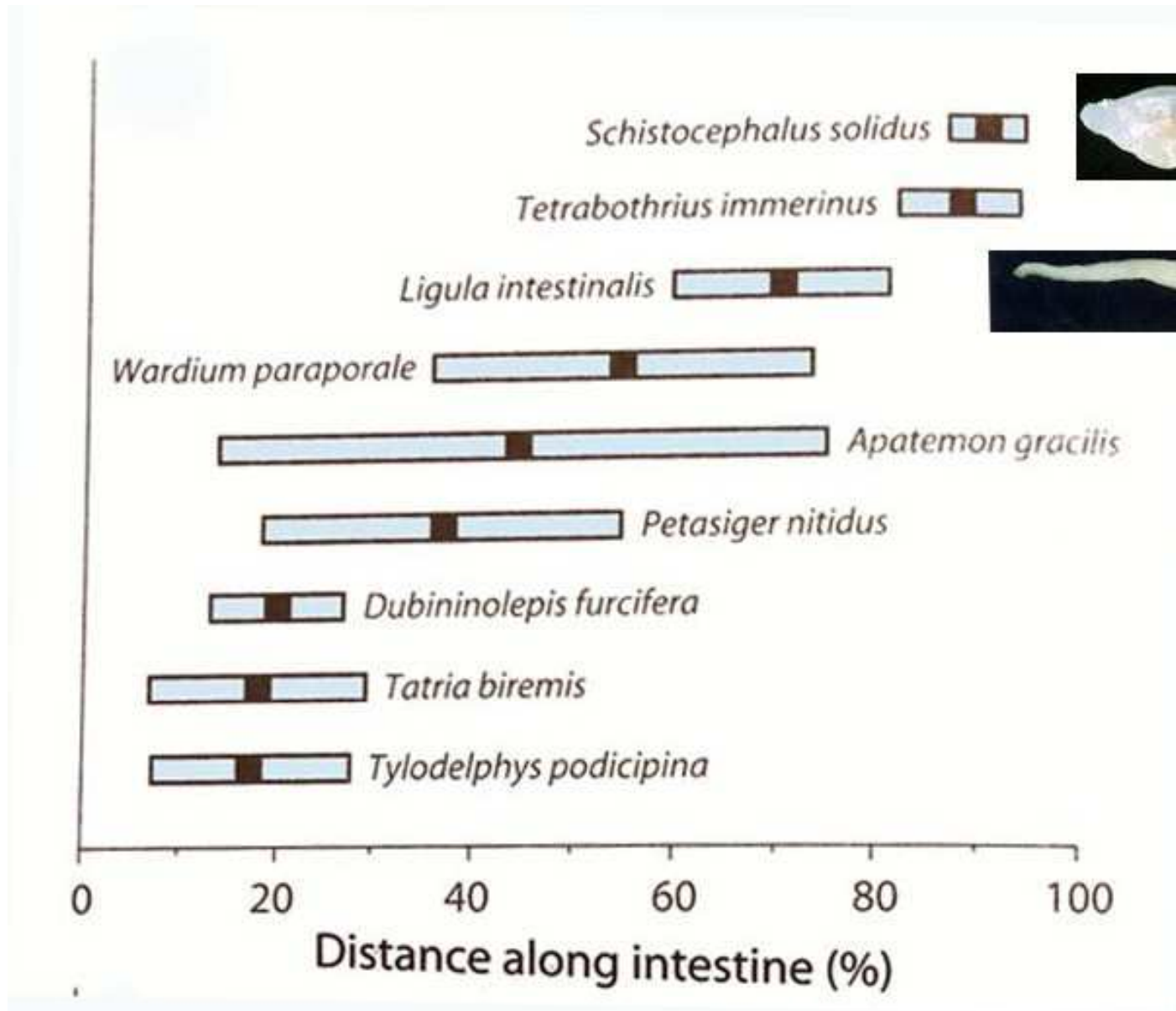


Segregace nik ve společenstvech parazitů

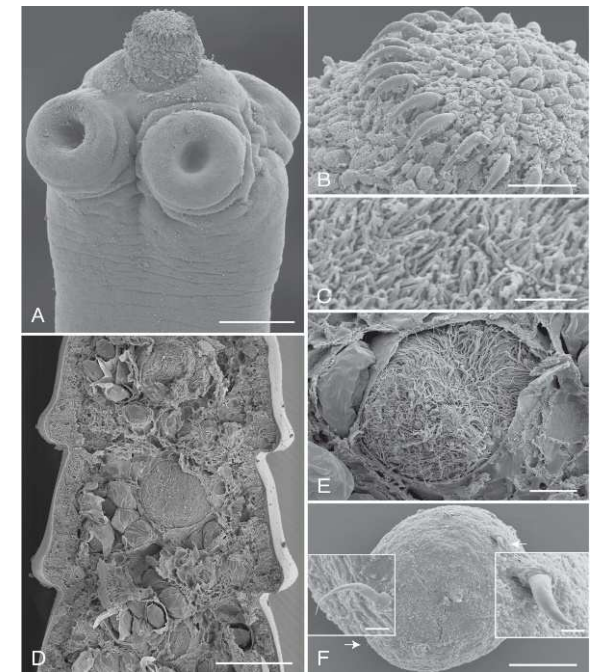
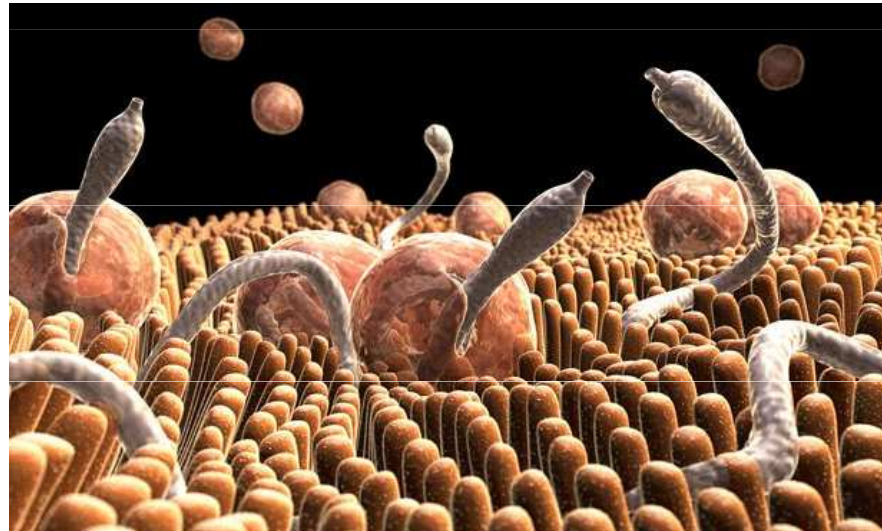
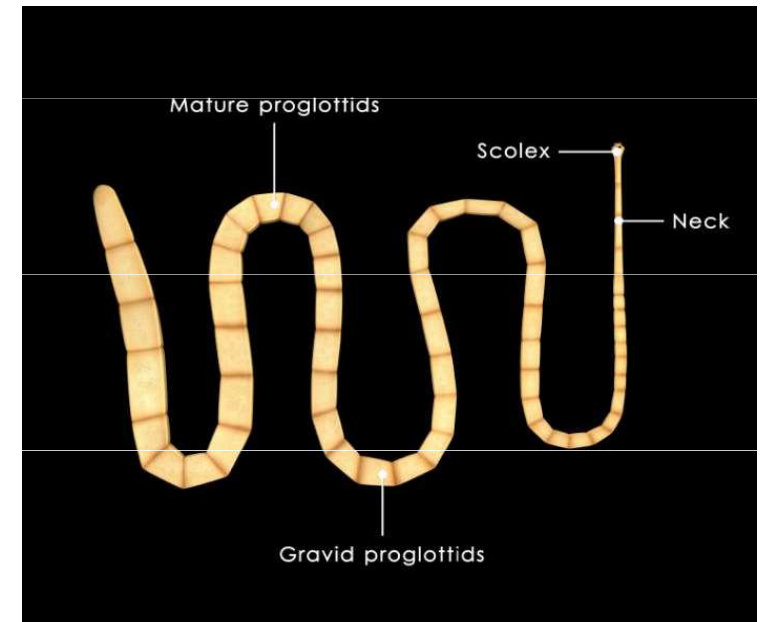
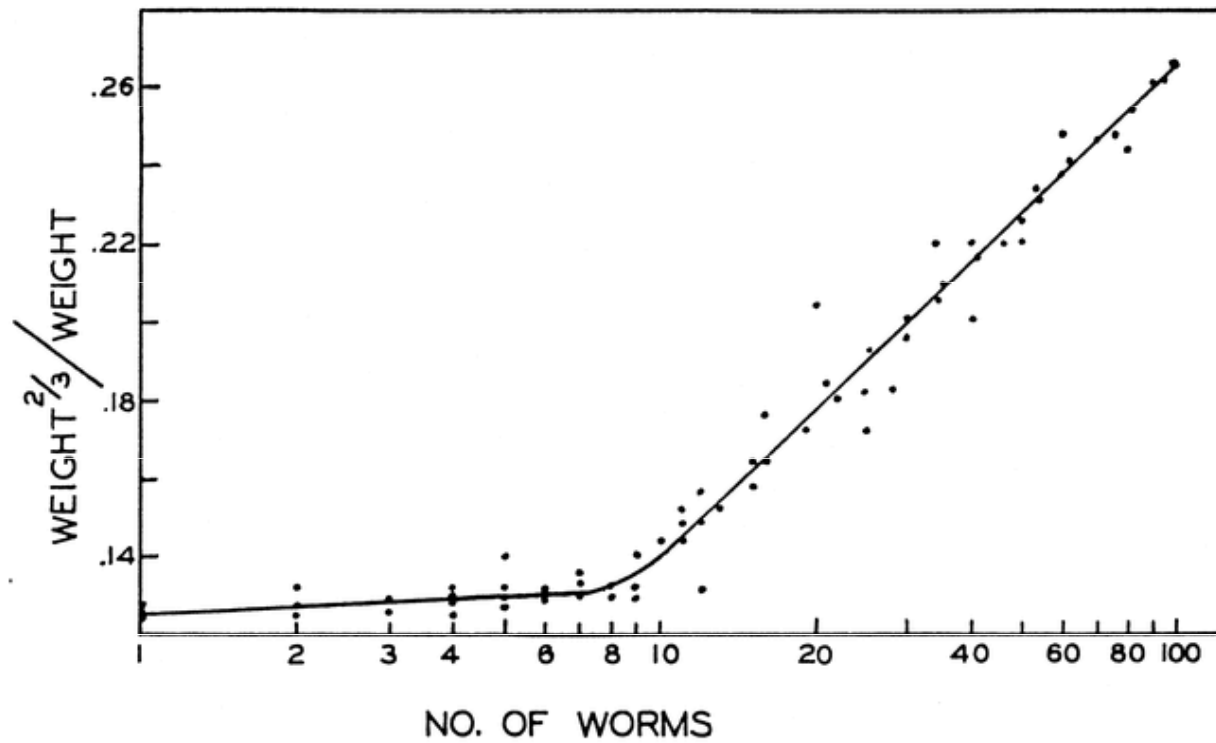
rozmístění parazitických červů podél střeva potápky černokrké



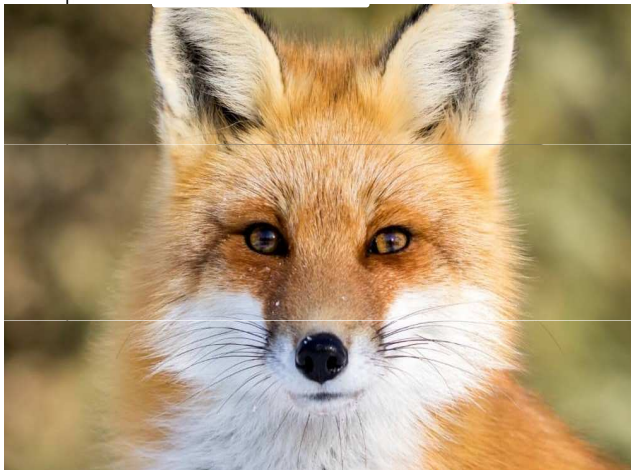
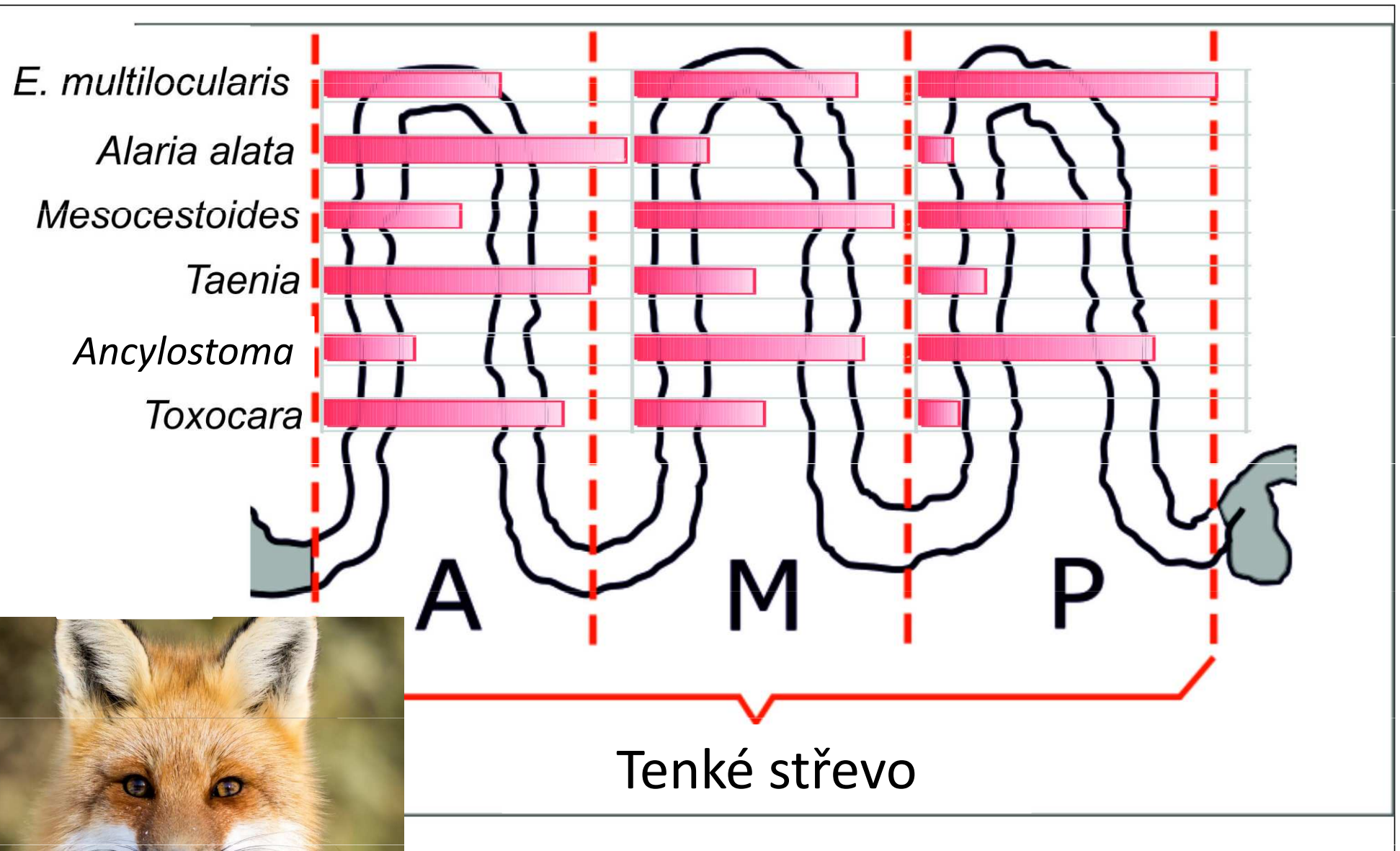
Segregace nik ve společenstvu cizopasníků



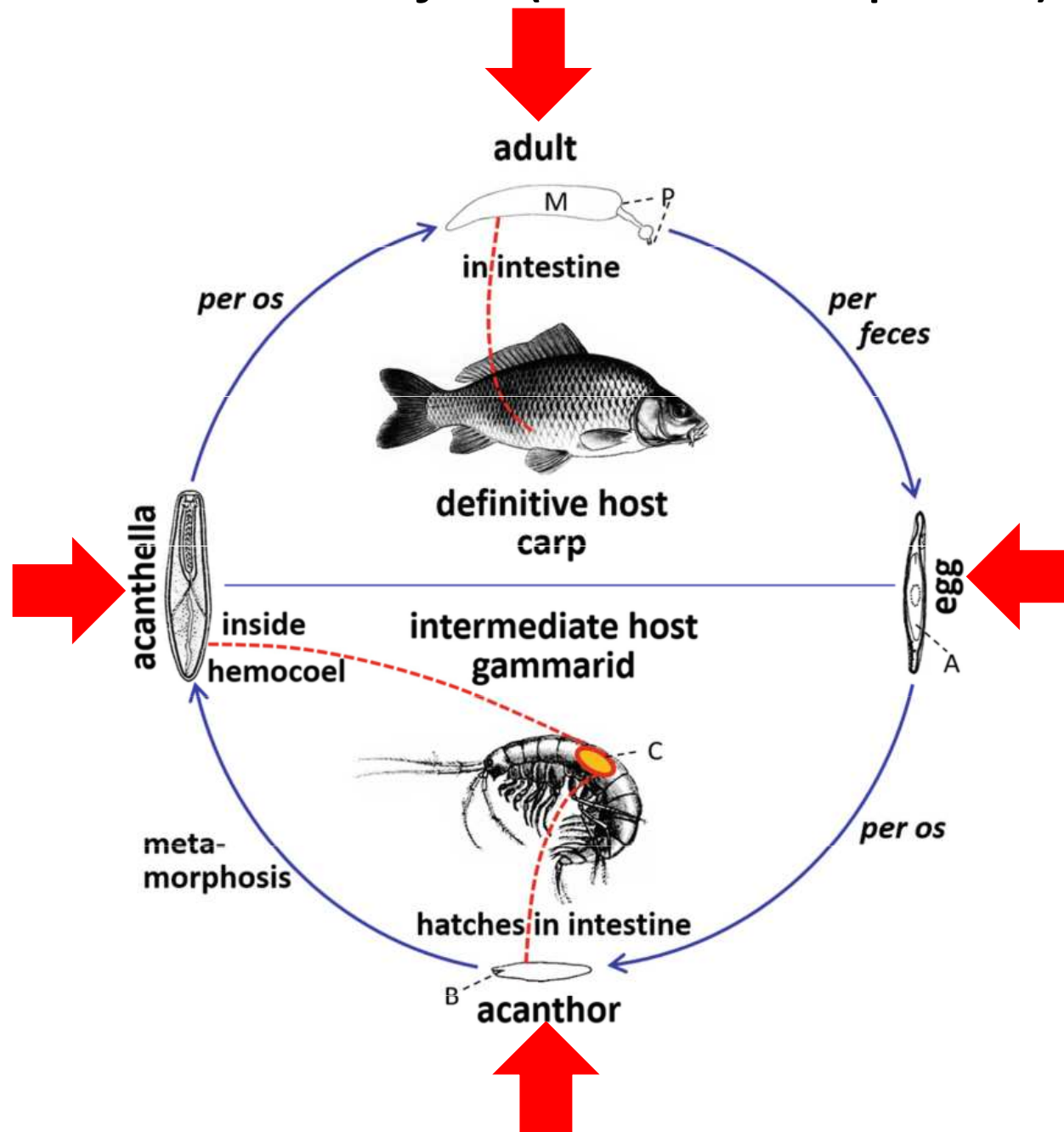
Crowding efekt u tasemnic



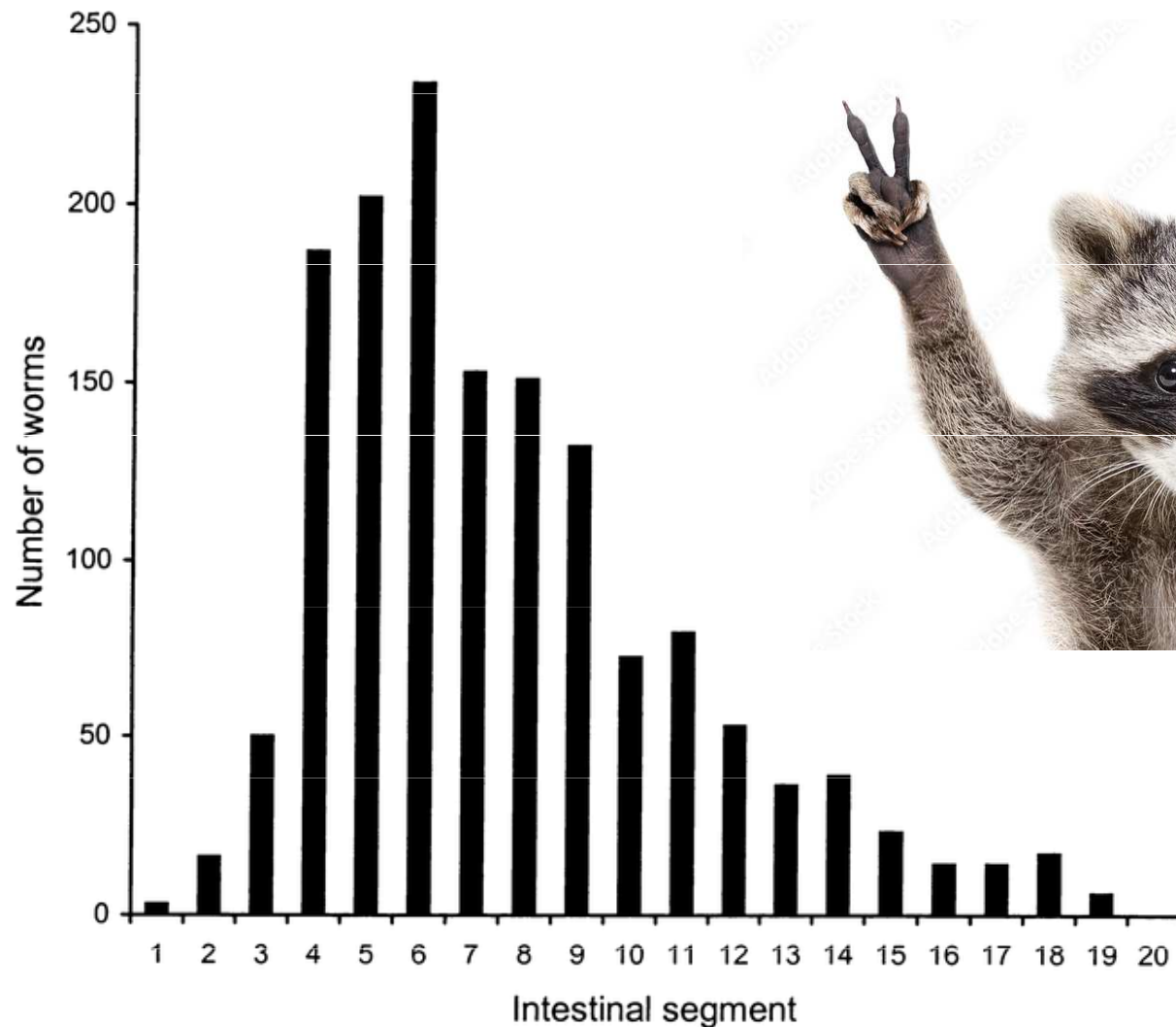
Distribuce helmintů v tenkém střevě lišky



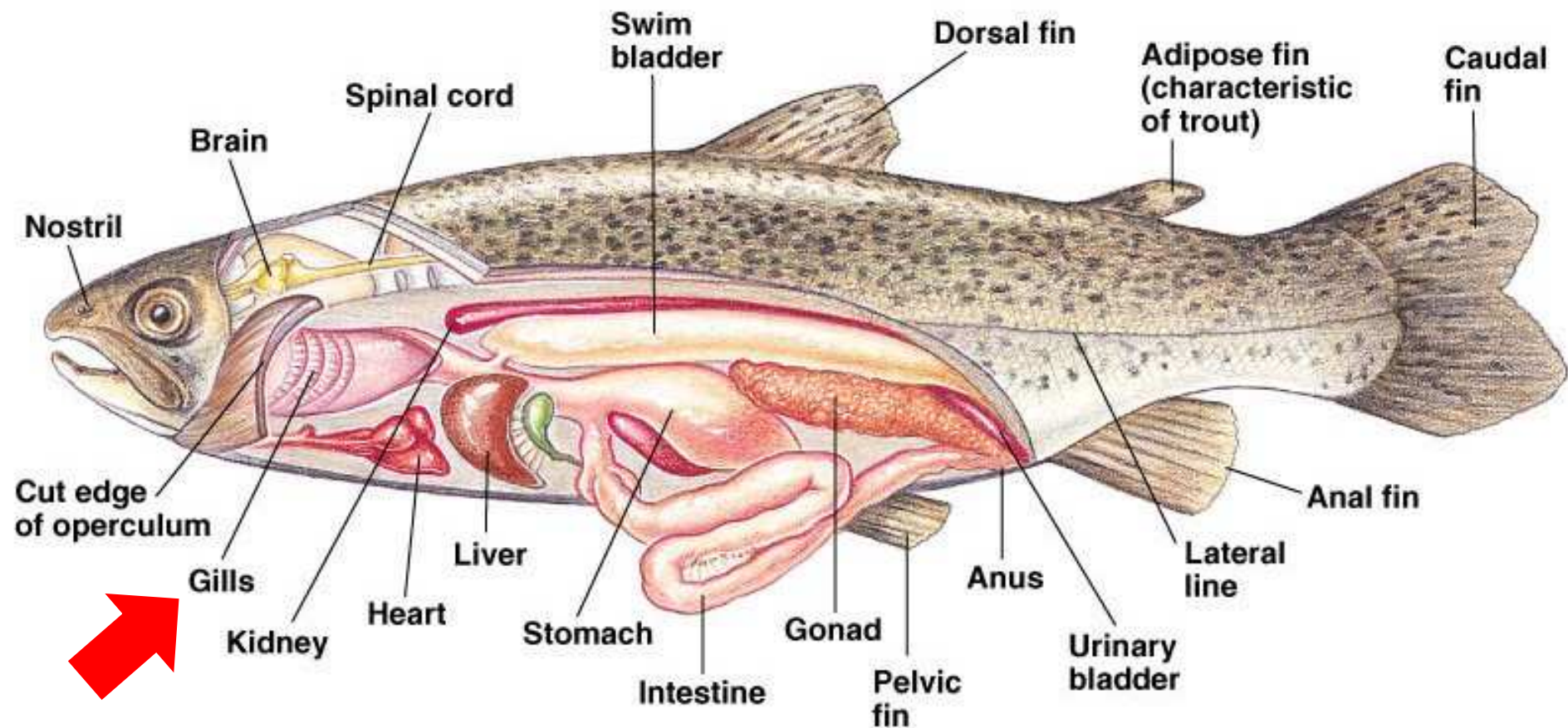
Mikrohabitat distribuce různých vývojových stádií vrtejšů (Acanthocephala)



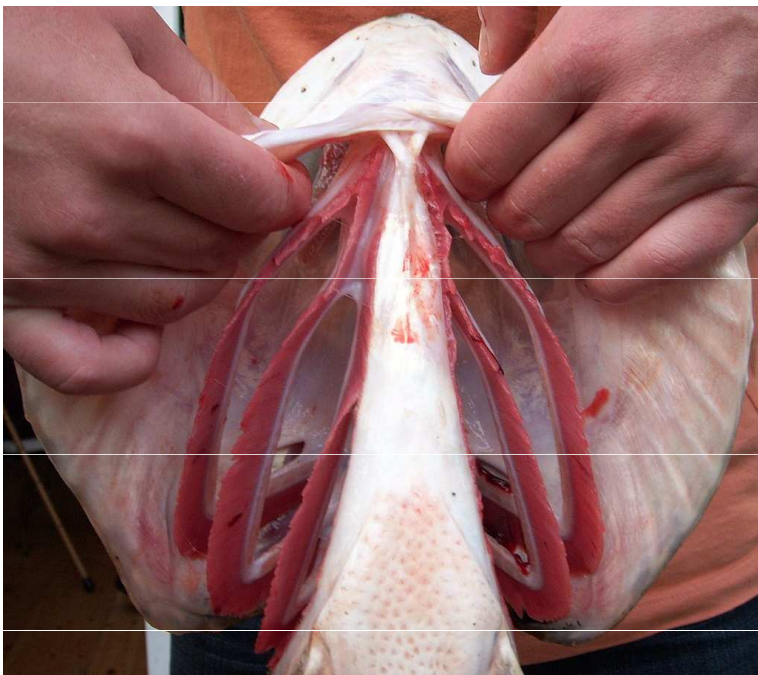
Microhabitat Specificity of *Macracanthorhynchus ingens* (Acanthocephala: Oligacanthorhynchidae) in the Raccoon (*Procyon lotor*)



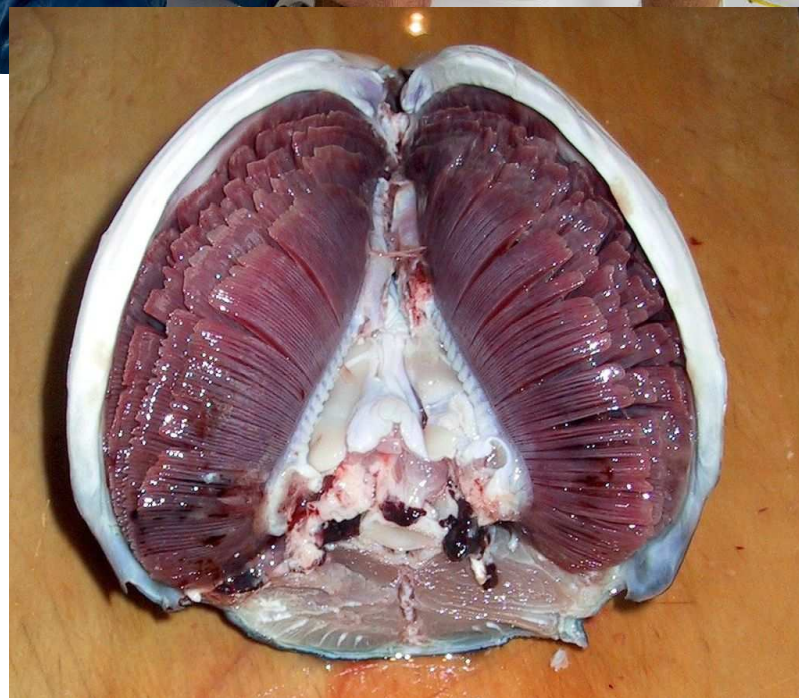
Hostitelská ryba jako habitat



Žaberní aparát ryb jako habitat

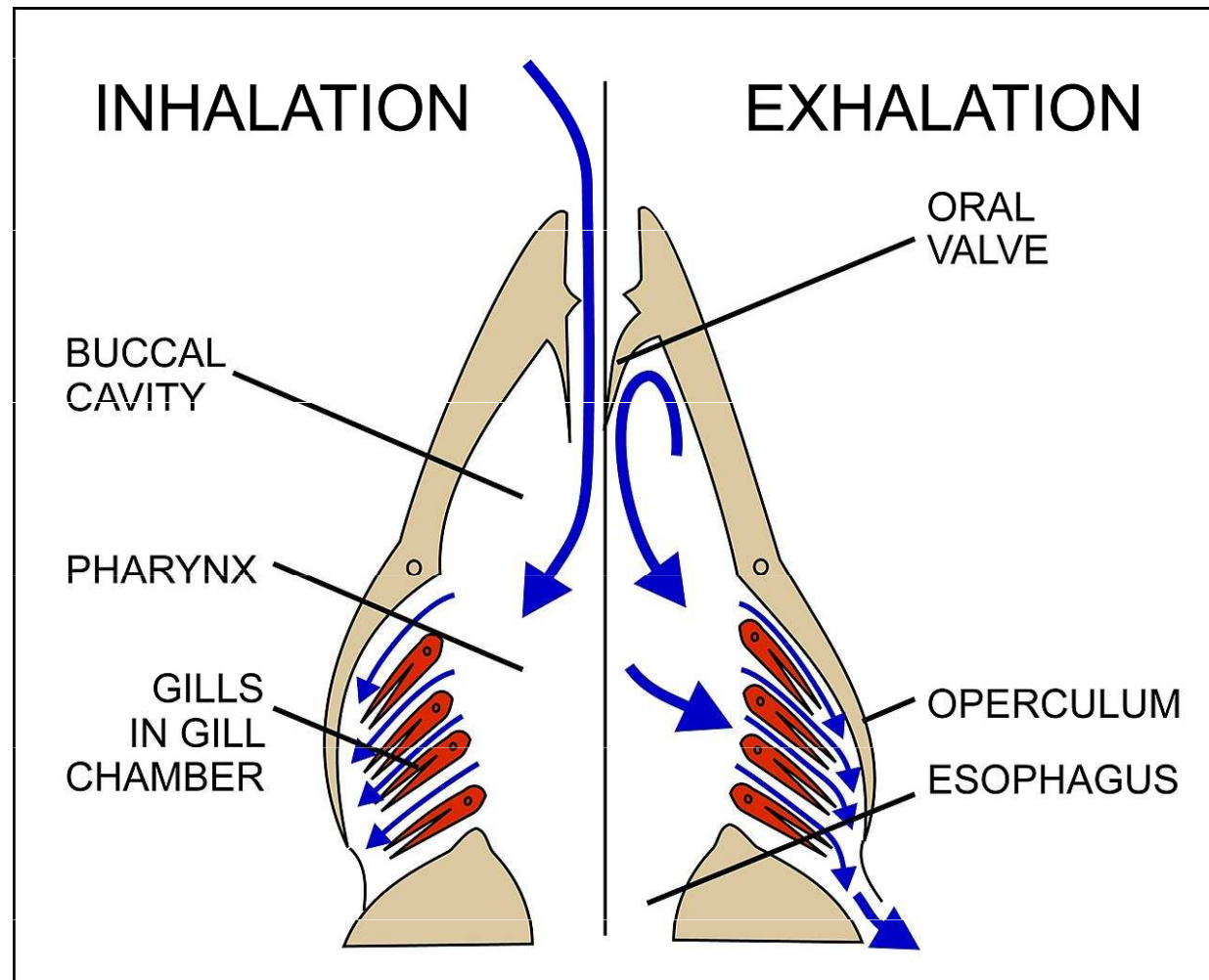


Žaberní oblouky štiky obecné
(*Esox lucius*)



Žábry tuňáka in situ

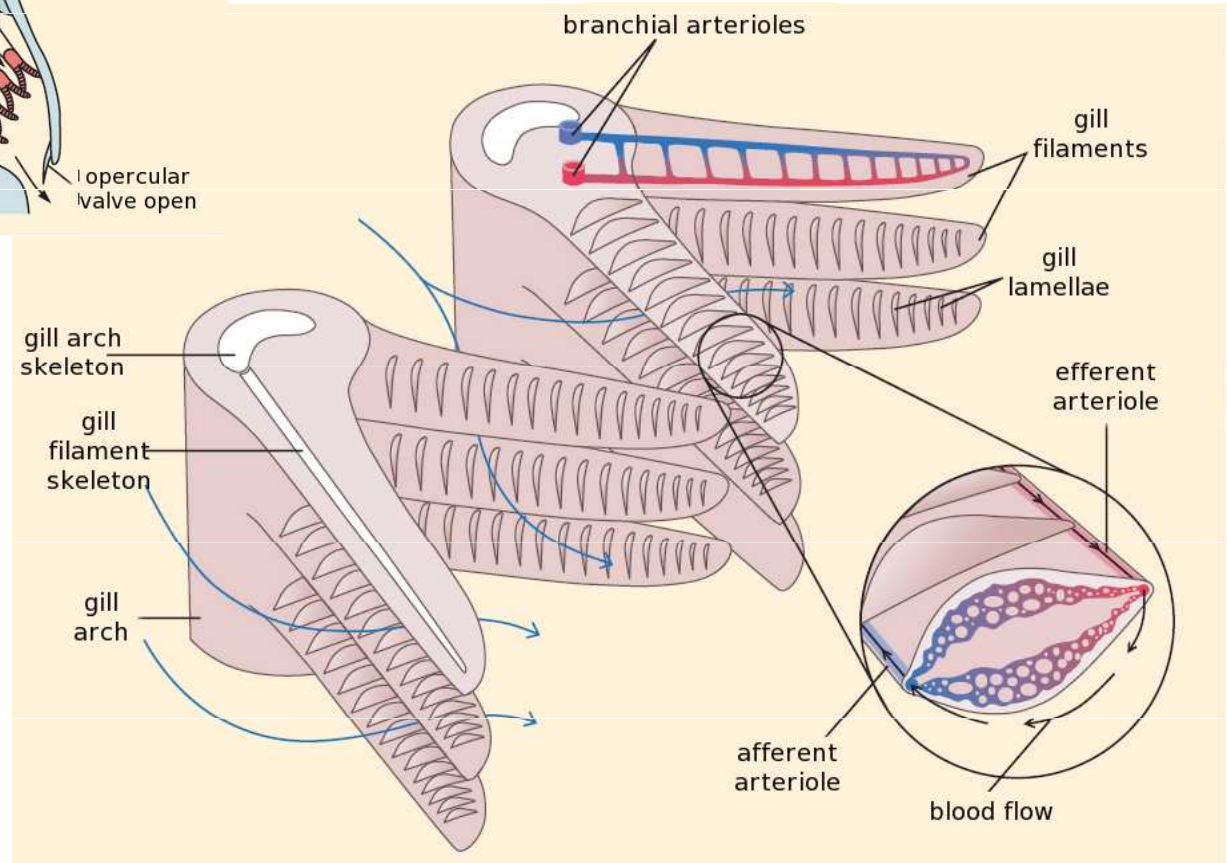
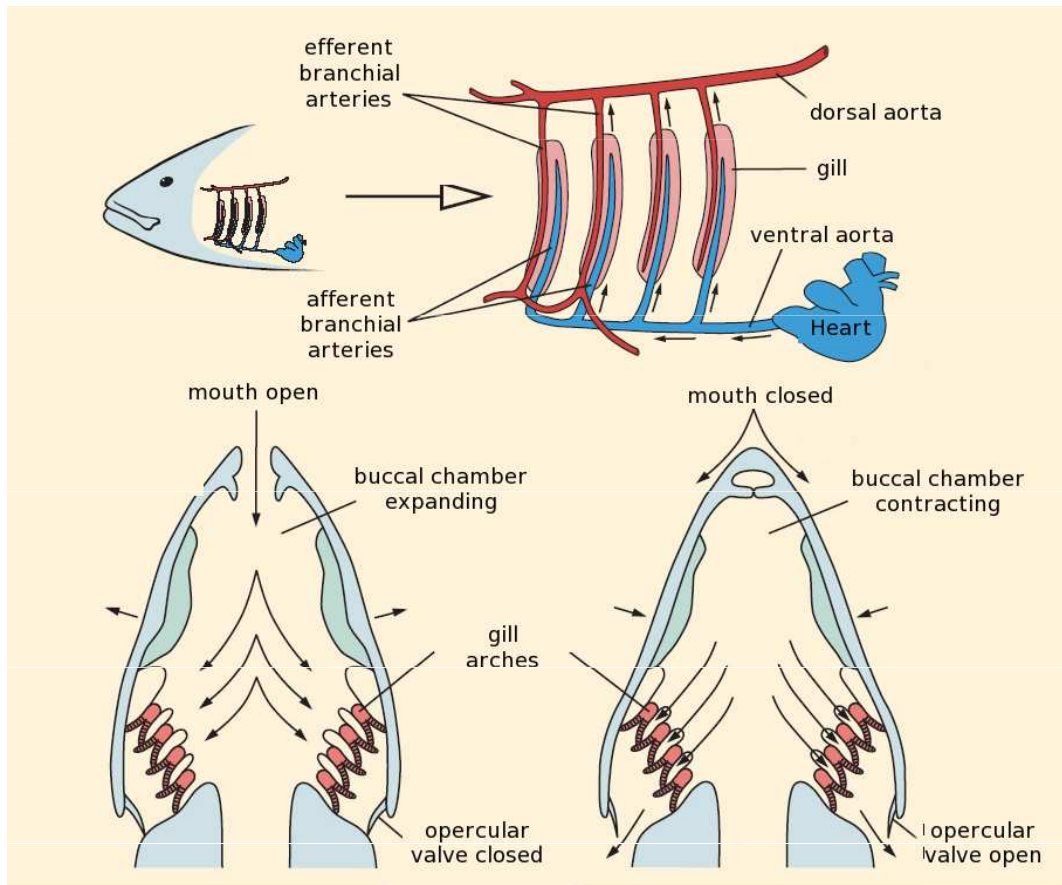
Dýchací mechanismus u kostnatých ryb, zobrazený v horizontálním řezu ústy, hltanem a žaberní komorou. Pohyb vody je indikován modrými šipkami. Inhalační proces vlevo, výdech vpravo.



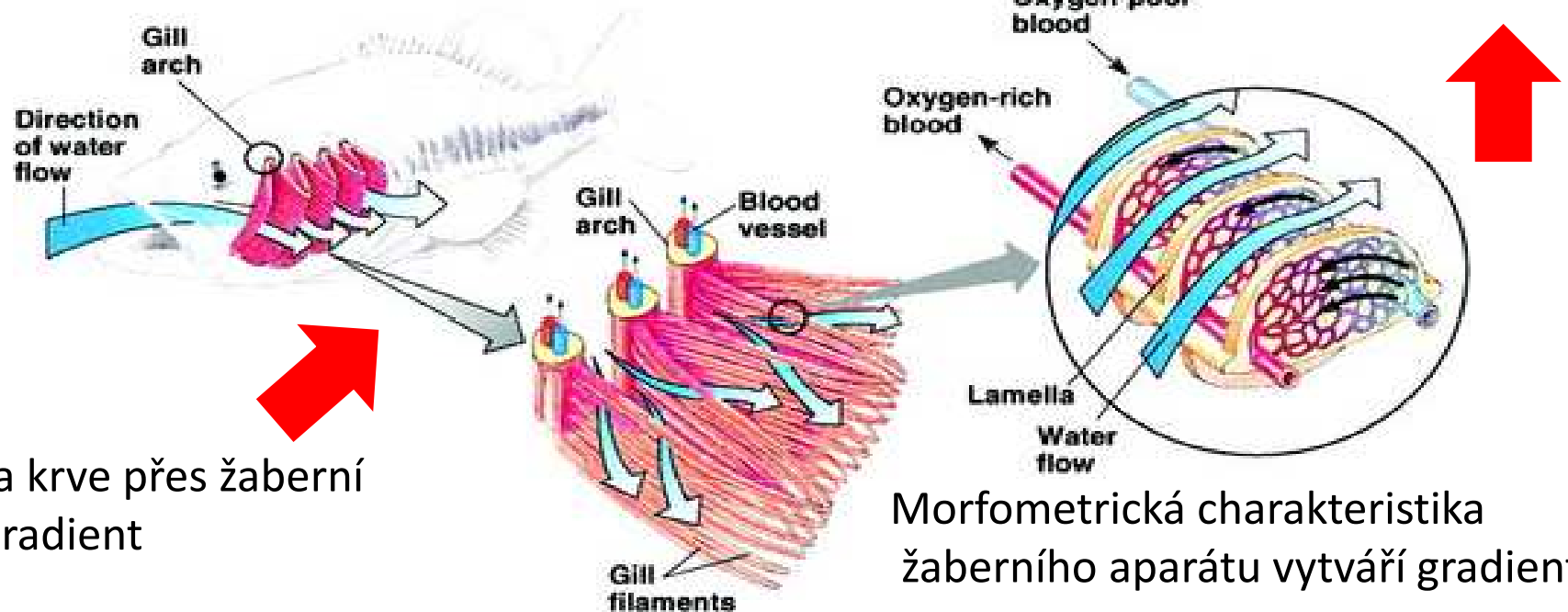
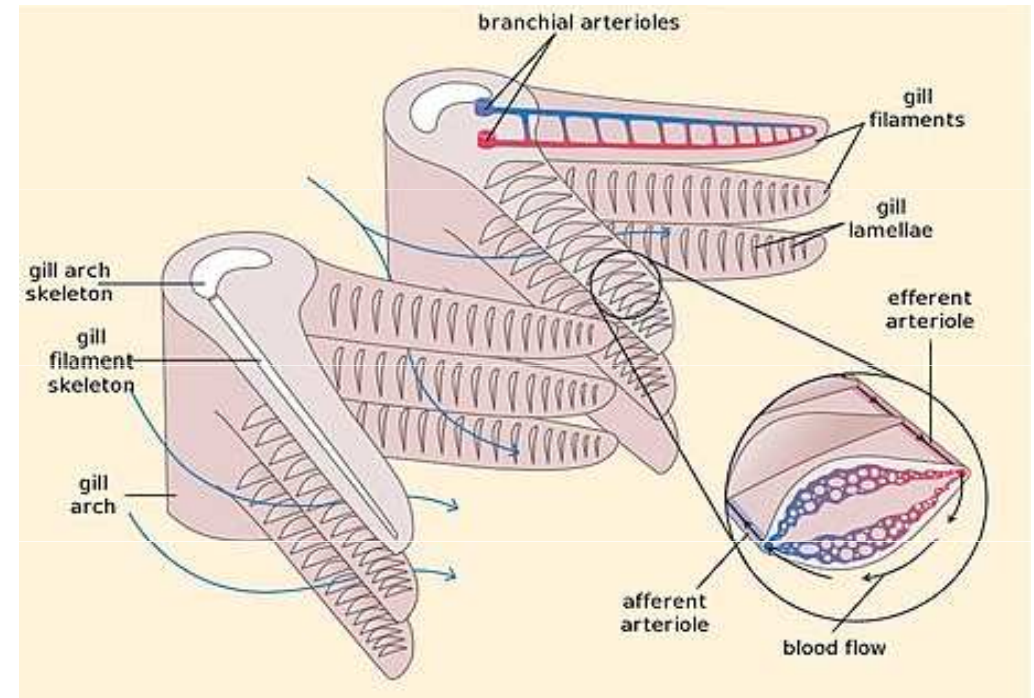
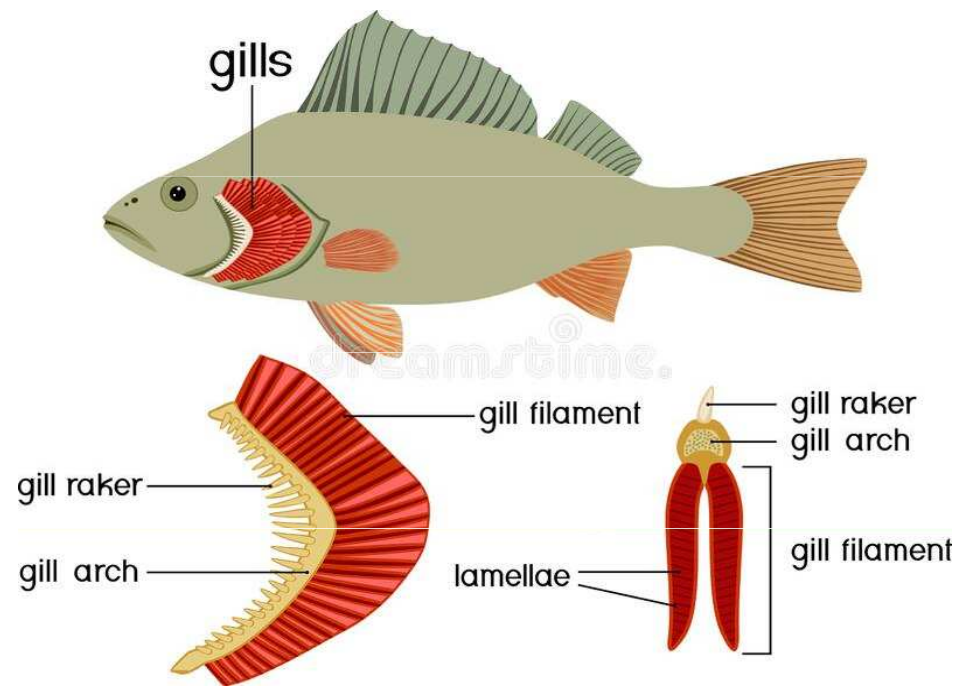
Struktura a dýchání

Mechanismus dýchání rybích žaber

Struktura rybích žaber



Žaberní aparát jako microhabitat parazitů



Proudění vody a krve přes žaberní aparát vytváří gradient

Morfometrická charakteristika žaberního aparátu vytváří gradient

Prostorová distribuce monogeneí na žábrách ryby *Scomber australasicus*



· Ext.

- Int.

—

ERROR: ioerror
OFFENDING COMMAND: image
STACK: