

# MALAKOLOGIJA I ASTAKOLOGIJA U NASTAVI BIOLOGIJE (208676 ) 2P+1V+0S 4 ECTS



# Što su riječni rakovi?

- slatkovodni rakovi nalik na male hlapove



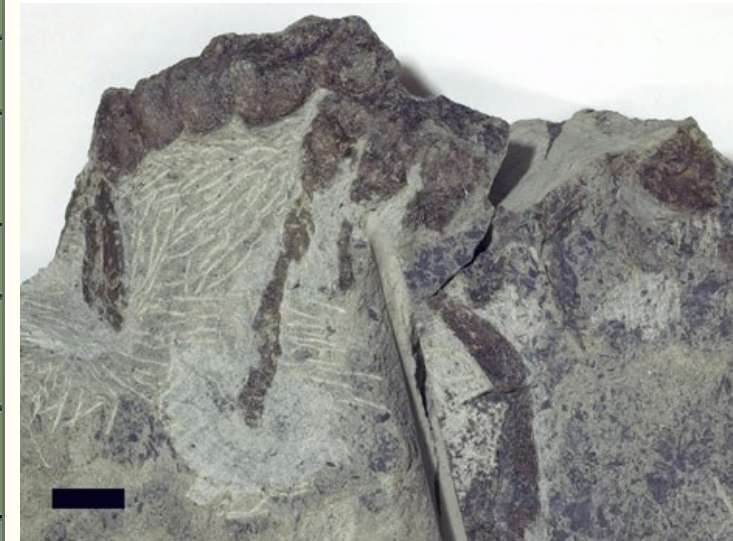
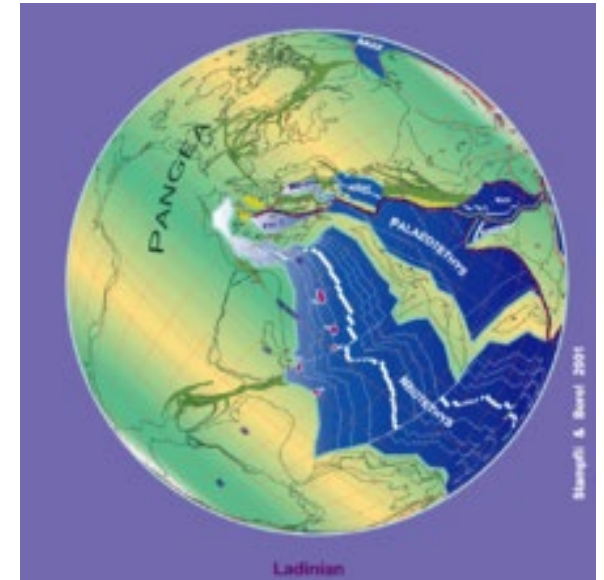
- Najveći predstavnici slatkovodnih beskralježnjaka  
**KLJUČNE VRSTE – održavaju ekosustave stabilnima**

# koncept ključnih vrsta



- jako stari – ušli u slatke vode još u trijasu (prije 225 000 000 godina)

| Eon        | Era         | Period    | Epoha      |          | T*   | Prva pojava                            |
|------------|-------------|-----------|------------|----------|------|----------------------------------------|
| Fanerozoik | Kenozoik    | Kvartar   | Holocen    |          | 0,01 | Rod <i>Homo</i>                        |
|            |             |           | Pleistocen |          |      | 1,8                                    |
|            |             | Tercijar  | Neogen     | Pliocen  | 5,3  | Ljudi                                  |
|            |             |           |            | Miocen   | 23,0 | Čovjekoliki majmuni                    |
|            |             |           | Paleogen   | Oligocen | 33,9 | Recentni redovi<br>biljaka i životinja |
|            |             |           |            | Eocen    | 55,8 |                                        |
|            |             |           |            | Paleocen | 65,0 |                                        |
|            | Mezozoik    | Kreda     | Gornja     |          | 145  | Cvjetnice                              |
|            |             |           | Donja      |          |      |                                        |
|            |             | Jura      | Gornja     |          | 200  | Ptice<br>Procvat gmizavaca             |
|            |             |           | Srednja    |          |      |                                        |
|            |             |           | Donja      |          |      |                                        |
|            |             | Trijas    | Gornji     |          | 252  | Golosjemenjače<br>Sisari<br>Dinosauri  |
|            |             |           | Srednji    |          |      |                                        |
|            | Donji       |           |            |          |      |                                        |
|            | Paleozoik   | Perm      | Gornji     |          | 299  | Sisaroliki gmizavci                    |
|            |             |           | Donji      |          |      |                                        |
|            |             | Karbon    | Gornji     |          | 318  | Šume sjemenjača<br>Gmizavci            |
|            |             |           | Donji      |          |      |                                        |
|            |             | Devon     | Gornji     |          | 359  | Vodozemci<br>Insekti<br>Biljke         |
|            |             |           | Srednji    |          |      |                                        |
|            |             |           | Donji      |          |      |                                        |
|            |             | Silur     | Gornji     |          | 416  | Ribe                                   |
|            |             |           | Donji      |          |      |                                        |
|            |             | Ordovicij | Gornji     |          | 444  | Kolonizacija kopna                     |
|            |             |           | Srednji    |          |      |                                        |
|            |             |           | Donji      |          |      |                                        |
|            |             | Kambrij   | Gornji     |          | 488  | Većina koljena biljaka<br>i životinja  |
|            |             |           | Srednji    |          |      |                                        |
| Donji      |             |           |            |          |      |                                        |
| Prekambrij | Proterozoik |           |            |          | 542  | Mekušci, Alge                          |
|            | Arhaik      |           |            |          | 2500 |                                        |
|            | Hadean      |           |            |          | 4000 |                                        |
|            |             |           |            |          | 4560 |                                        |



**koljeno: Arthropoda**

**potkoljeno: Crustacea**

Brusca & Brusca 2003

**RAZREDI:**

1. Remipedia
2. Cephalocarida
3. Branchiopoda
4. Malacostraca
5. Maxillipoda

Martin & Davis (2001)

Brusca & Brusca 2016

**RAZREDI:**

1. Remipedia
2. Cephalocarida
3. Branchiopoda
4. Malacostraca
5. Thecostraca
6. Tantulocarida
7. Branchiura
8. Pentastomida
9. Mystacocarida
10. Copepoda
11. Ostracoda

Ahyong et al. (2011) Martin & al. (2014)

# Razred MALACOSTRACA Latreille, 1802

- fosili iz Kambrija
- cca. 28 000 vrsta – akvatički i terestrički

## 1. podrazred Phyllocarida

## 2. podrazred Eumalacostraca

nadred

1) Hoplocarida

2) Syncarida

3) Eucarida

4) Peracarida



Phyllocarida



Peracarida



Hoplocarida



Syncarida

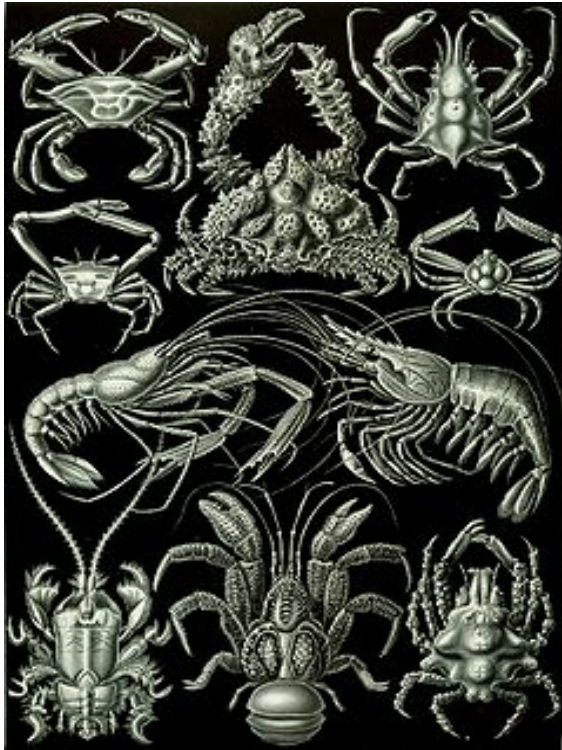


Eucarida



nadred **Eucarida** Calman, 1904

1. red **Euphausiacea** Dana, 1852
2. red **Amphionidacea** Williamson, 1973
3. red **Decapoda** Latreille, 1802



**Decapoda** (Ernst Haeckel, 1904)

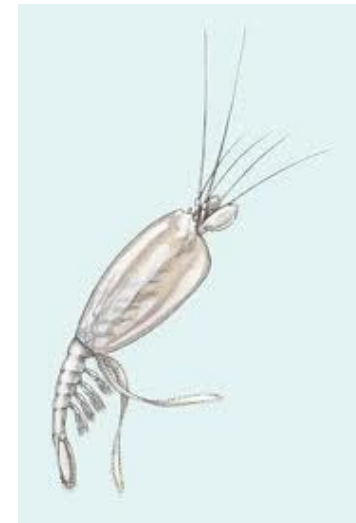
razred **MALACOSTRACA**

podrazred **Eumalacostraca**

nadred **Eucarida**

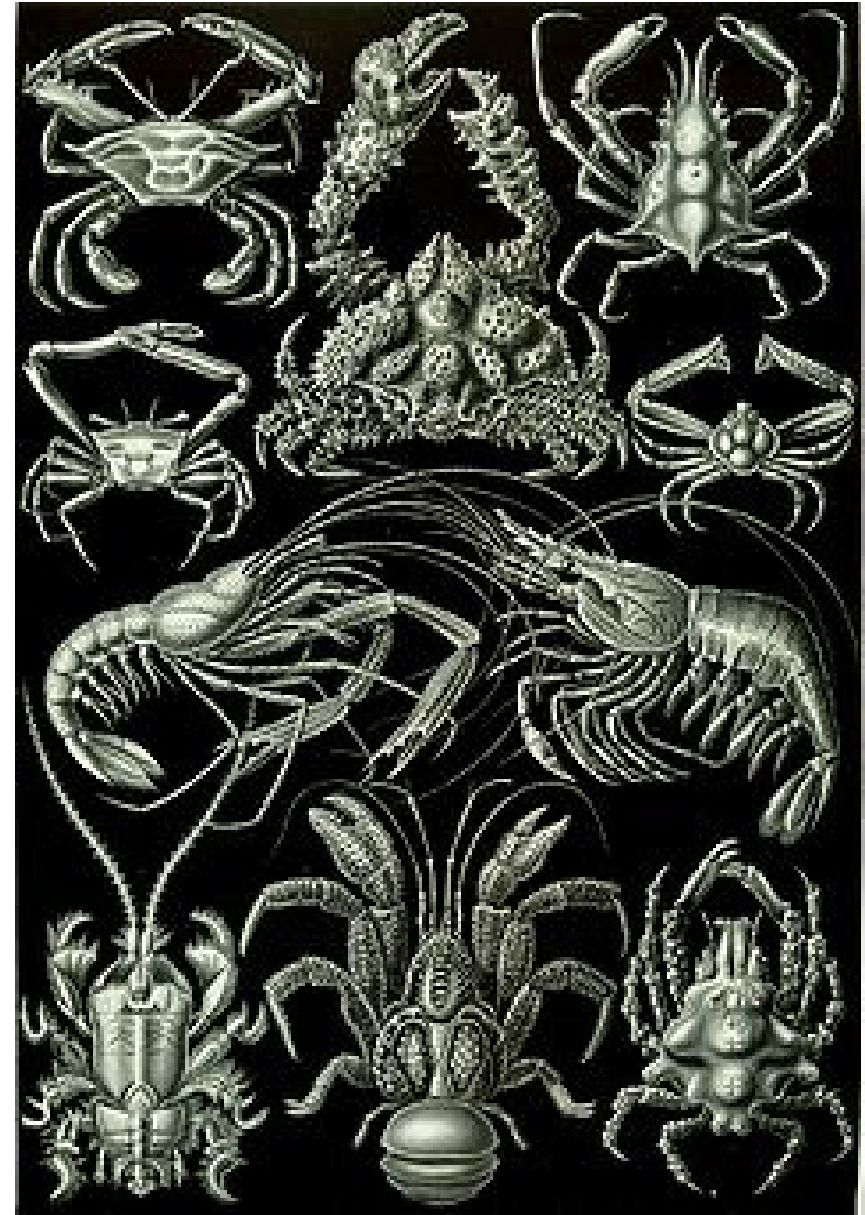


**Euphausiacea** – kril/svjetlari



**Amphionidacea**

# RED DESETERONOŽACA (Decapoda)



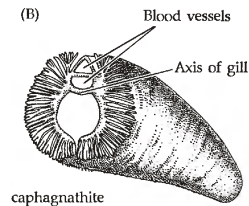
Decapoda (Ernst Haeckel, 1904)

## red DECAPODA (deseteronošci)

razred MALACOSTRACA  
podrazred Eumalacostraca  
nadred Eucarida  
red DECAPODA

- klasifikacija na temelju anatomije škrga i embrionalnog razvoja
- **ŠKRGE** su razvijene na kukovima torakalnih nogu (pereopoda ili nogu hodalica), a njihov se oblik razlikuje:

- **Dendrobranchia** - 2 glavne grane, svaka podijeljena u mnoštvo postranih (sekundarnih) grana



Brusca & Brusca (2002)

- **Trichobranchia** mnoštvo radijalnih nerazgranatih tubularnih filamenata



Brusca & Brusca (2002)

- **Phyllobranchia** na glavnoj osi listoliki ogranci



Brusca & Brusca (2002)

red **DECAPODA** (deseteronošci)

podred **Dendrobranchiata** Bate, 1888

podred **Pleocyemata** Burkenroad, 1963

podred **DENDROBRANCHIATA** (kozice)

Imaju dendrobranhijatne škrge



razred **MALACOSTRACA**

podrazred **Eumalacostraca**

nadred **Eucarida**

red **Decapoda**



**podred PLEOCYEMATA – nikad nemaju dendrobranchiatne škrge + ženke nose jaja na pleopodnim nogama (noge plivalice)**

- međured **Caridea** Dana, 1852
- međured **Stenopodidea** Claus, 1872
- međured **Brachyura** Latreille, 1802 (cro. kratkorepci)
- međured **Anomura** MacLeay, 1838 (cro. srednjerepci)
- međured Astacidea Latreille, 1802**
- međured **Palinura** Latreille, 1802 (cro. dugorepci)
- međured **Thalassinidea** Latreille, 1831 (cro. mede)



Anomura



Astacidea



Caridea



Stenopodidea



Brachyura



Palinura



Thalassinidea

- cca. 14 000 vrsta, akvatičke i terestričke
- svejedi, filtratori, karnivori, herbivori
- dobro razvijen karapaks (zatvara škrge)
- uvijek 3 para maksilipeda + 5 pari pereopoda (nogu hodalica)

## međured ASTACIDEA - hlapovi, slatkovodni rakovi

- i slatkovodni (neki se ukopavaju) i morski
- na bentosu, čvrsti karapaks sa  $\text{CaCO}_3$ , „plivaju” (zamah abdomenom) samo kad bježe
- Abdomen dorzo-ventralno spljošten, završava repnom lepezom (telzon i uropodi)
- Škrge trihobranhijatne
- prva tri para pereopoda nose kliješta (prva velika)
- briga za potomstvo (Ž nosi jaja na pleopodalnim nogama)



Vogt&Tolley (2004)



razred MALACOSTRACA

podrazred Eumalacostraca

nadred Eucarida

red Decapoda

podred PLEOCYEMATA

međured Astacidea

nadporodice

- Astacoidea
- Parastacoidea
- Enoplometopoidea
- Nephropoidea
- † Palaeopalaemonoidea (Devon US (Ohio))

Nephropoidea –  
hlapovi



porodica  
Nephropidae -  
hlapovi

Enoplometopoidea –  
„koraljni” hlapovi



porodica Enoplometopidae  
Indo-Pacifik, Karibi

Astacoidea – slatkovodni rakovi



porodica Astacidae



porodica Cambaridae



porodica Cambaroididae

Paratacoidea – slatkovodni rakovi



porodica Parastacidae

# Riječni rakovi u svijetu

Porodica: Astacidae

rodovi: *Astacus*

*Pontastacus*

*Austropotamobius*

*Pacifastacus*

Porodica: Cambaridae

rodovi: *Faxonius*

*Procambarus*

+ 10

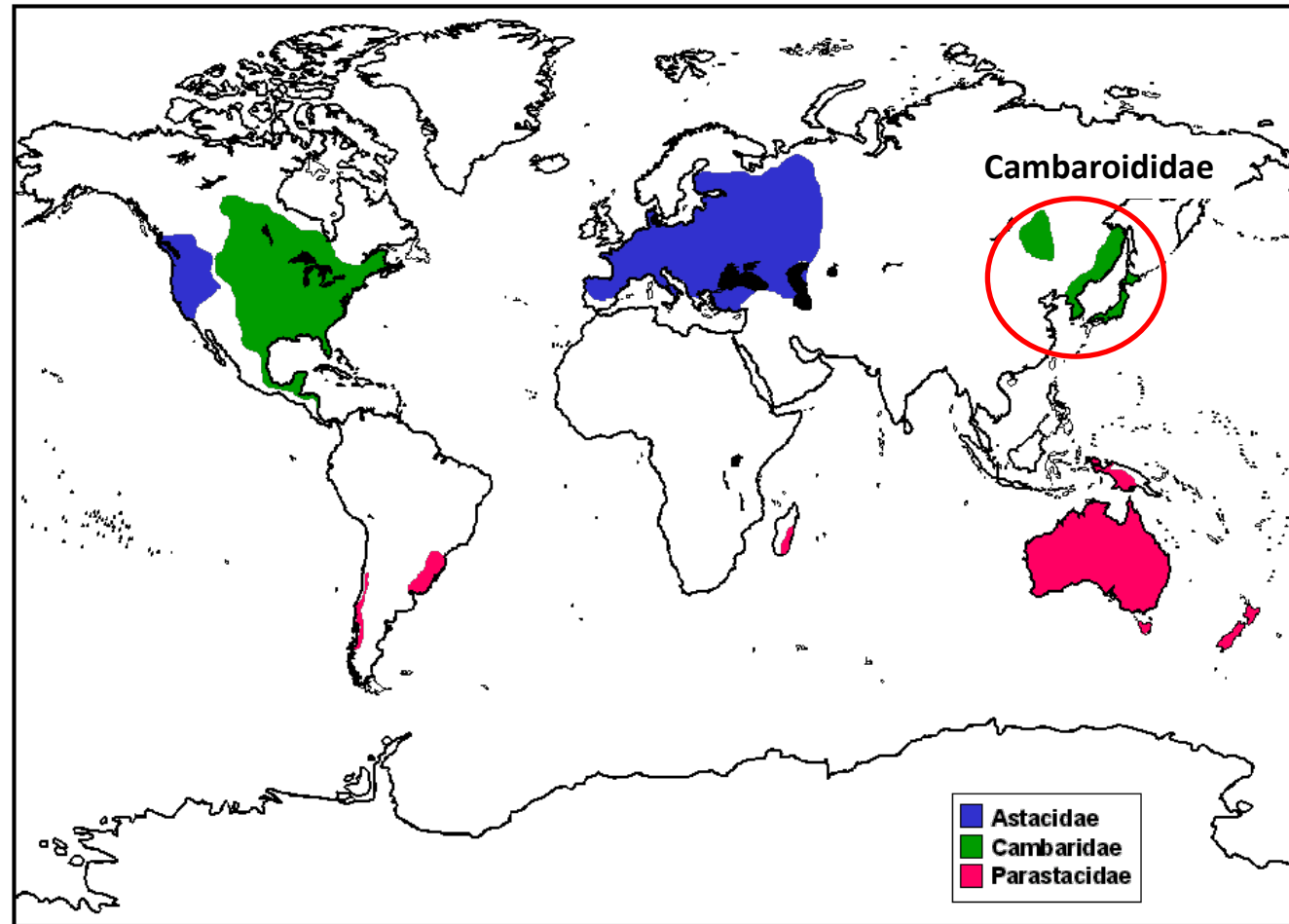
Porodica: Cambaroididae

rod: *Cambaroides*

Porodica: Parastacidae

rodovi: *Cherax*

+ 15



From Fetzner (2011)

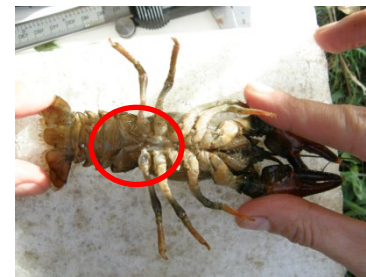
2 centra raznolikosti:

- Jugoistok SADa (80% cambarida)
- Victoria, Australia (85% parastacida)

# Filogenetski odnosi i podrijetlo – diskusija traje barem 100-injak godine, 2 hipoteze:

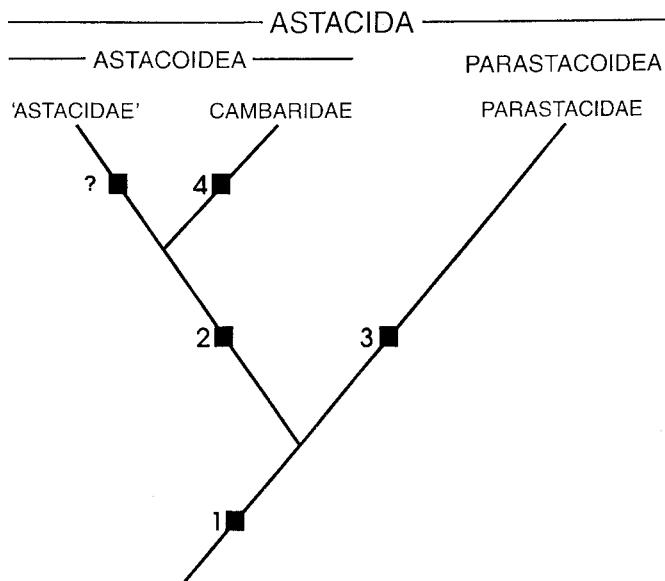
- **Polifiletsko podrijetlo** (Huxly, 1880; Bott, 1950; Starobogatov, 1995)

- višekratno naseljavanje slatkih voda (Astacidae i Cambaridae i Cambaroididae -sjevernu polutku, a Parastacidae južnu)
- mužjaci Astacidae i Cambaridae – gonopodi; Parastacidae – nema gonopoda...



- **Monofiletsko podrijetlo** (Ortman, 1902; Scholtz, 2002)

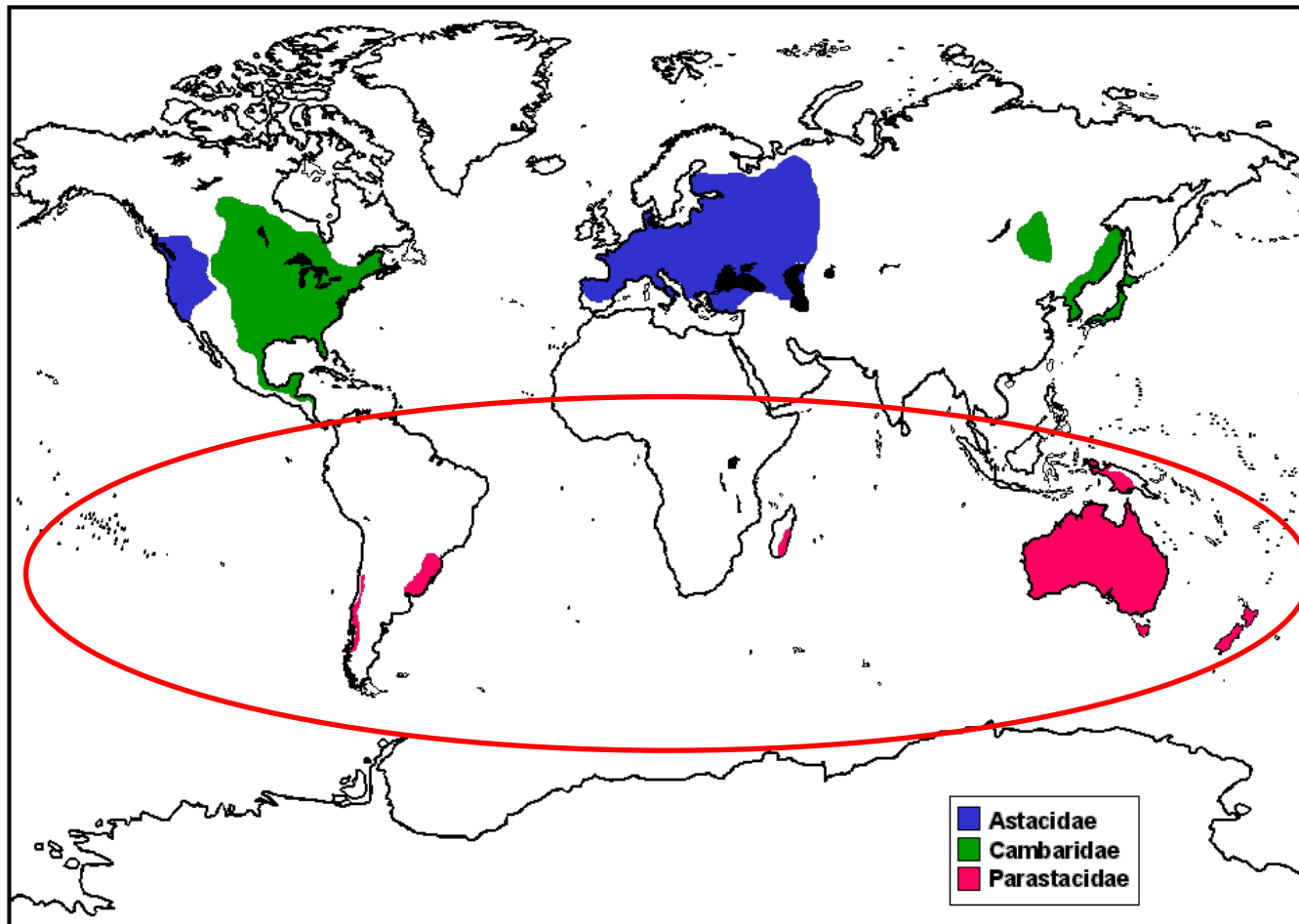
- morfološka sličnost svih Astacoidea
- način brazdanja jaja, embrionalni razvitak, molekularno-filogenetske analize



Filogenetska sistematika Astacida (Scholtz, 2002)

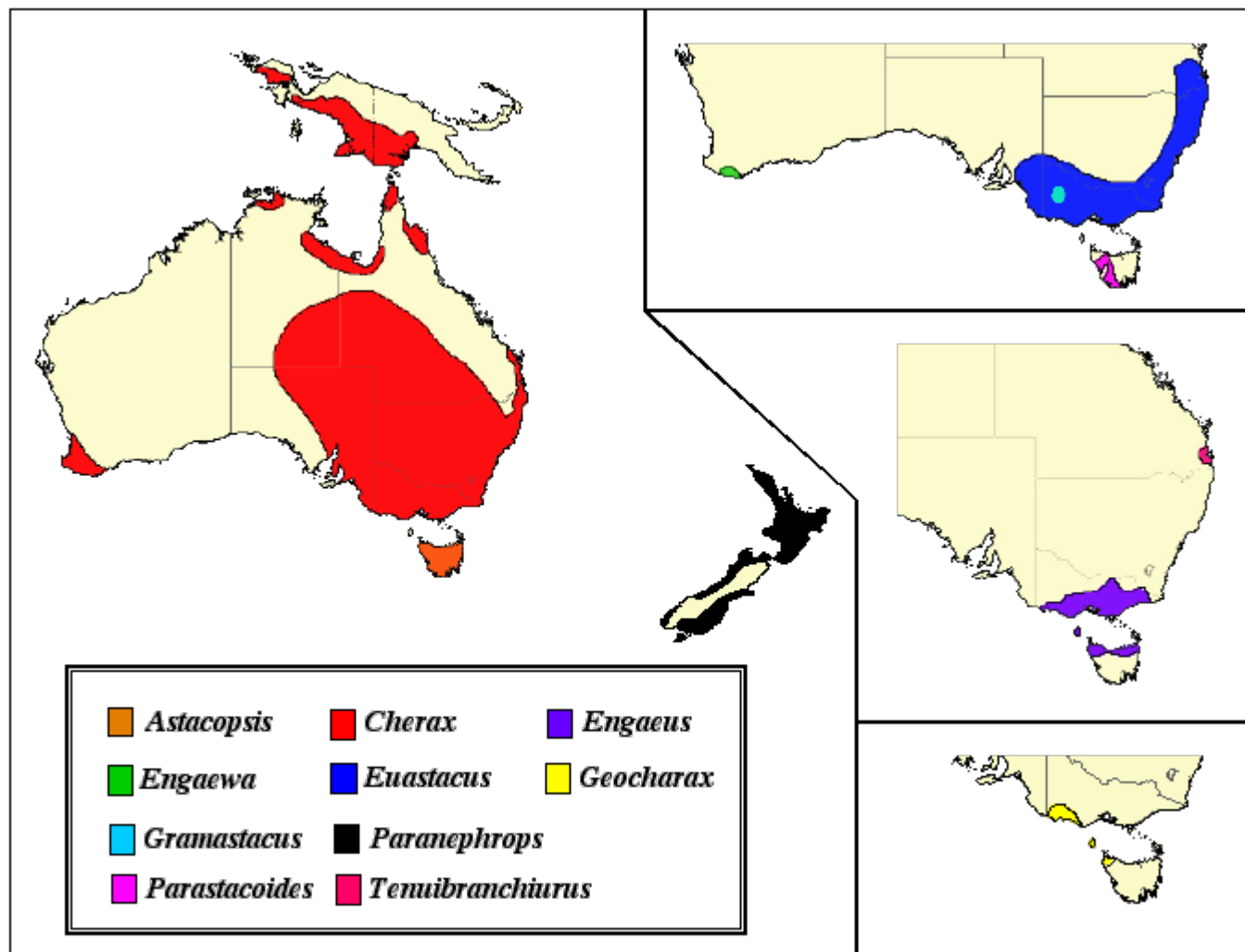
## porodica Parastacidae

– južna polutka (Južna Amerika, Madagaskar, Novi Zeland, Australija)



## porodica Parastacidae

- **Australija** (85% poznati parastacida; 14 rodova; jedinstveni i vrlo raznoliki (bogatstvo vrsta i ekol i morfo raznolikost)
- Najveći poznati slakovodni beskralježnjak (*Astacopsis gouldi*)
- „kopneni slakovodni rakovi" (npr. rod *Engaeus*) – neovisni o površinskim vodama



Rasprostranjenost 10 australskih rodova unutar Parastacida (iz Hobbs 1988)

Uvoz stranih vrsta rakova u Australiju je zabranjen!

rod ***Cherax*** – široko rasprostranjen (Australija + Papua Nova Gvineja)

marron (*Cherax tenuimanus*), redclaw (*Cherax quadricarinatus*) i yabbie (*Cherax destructor*)



Redclaw

- Česta akvarijska vrsta (trgovine kućnim ljubimcima)
  - Čatež termalni izvori (Redclaw od 2009)



Yabbie

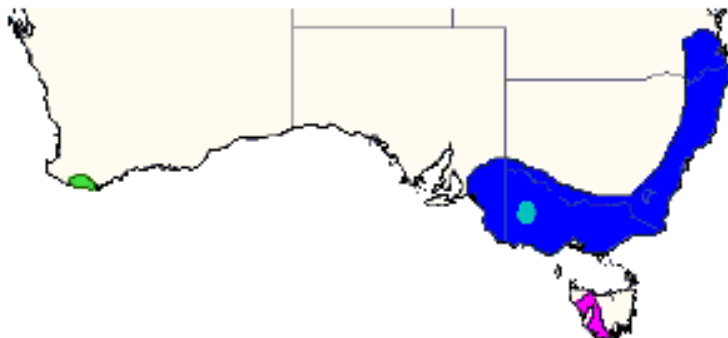


Marron

rod *Euastacus*

50 vrsta

- Relativno čest (plavo – područje distribucije)



#### RESEARCH ARTICLE

*Euastacus coughrani* sp. nov., A New Intermediate Spiny Crayfish (Crustacea: Decapoda: Parastacidae) from Forested Perennial Streams of East Gippsland, Victoria, Australia

ROBERT B. MCCORMACK<sup>1,2,\*</sup> AND JAMES W. FETZNER JR.<sup>3</sup>

Freshwater Crayfish 29(1): 59–82, 2024  
ISSN: 2076-4324 (Print), 2076-4332 (Online)  
<https://doi.org/10.5869/fc.2024v29-1-59>

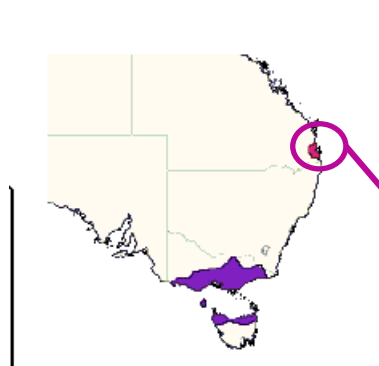
The Murray River crayfish (*Euastacus armatus*)  
drugi najveći slatkovodni rak na svijetu

54 currently described species and a  
further 26 potential new  
species under investigation

- rodovi *Engaewa*, *Gramastacus* i *Tenuibranchiurus*
- Endemski, uska distribucija

### *Engaewa*

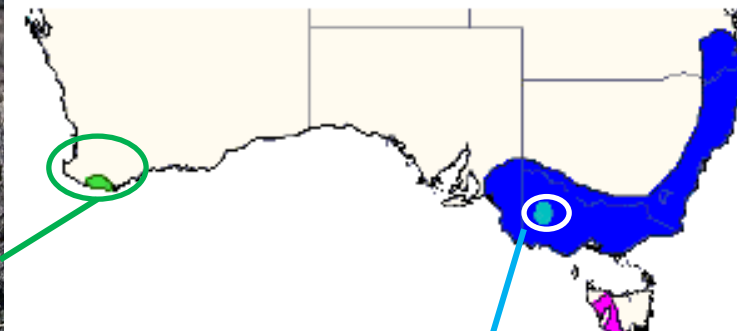
Ukopava se u tlo



### *Tenuibranchiurus*

Ukopava se u tlo

Maksimalna veličina  
je 25 mm

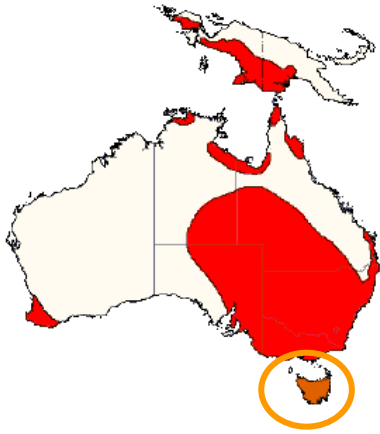


### *Gramastacus lacus*

Ukopava se u tlo

18,63 mm,  
5,07 grama

rod *Astacopsis* endemski na Tasmaniji



Najveća vrsta slatkovodnog raka na svijetu -  
Tasmanian giant freshwater crayfish,  
*Astacopsis gouldi*



*Astacopsis gouldi*

80 cm / 5 kg



rod *Paranephrops* – endemski na Novom Zelandu

Loklano ime **koura** (Māori jezik)



*P. planifrons* – sjeverni otok



*P. zealandicus* – južni otok



Tri roda u Južnoj Americi: ***Virilastacus***,  
***Samastacus*** i ***Parastacus***



*Samastacus*



*Virilastacus* (ukopava se)



*Parastacus*

Jedan rod na Madagaskaru:  
***Astacodies***



Keith A. Crandall



*Astacoides caldwelli*



*Astacoides betsileoensis*

- Sporo rastu (10 godina da dosegnu dužinu karapaksa od 30 mm)
- Većina vrsta na Crvenom popisu IUCNa

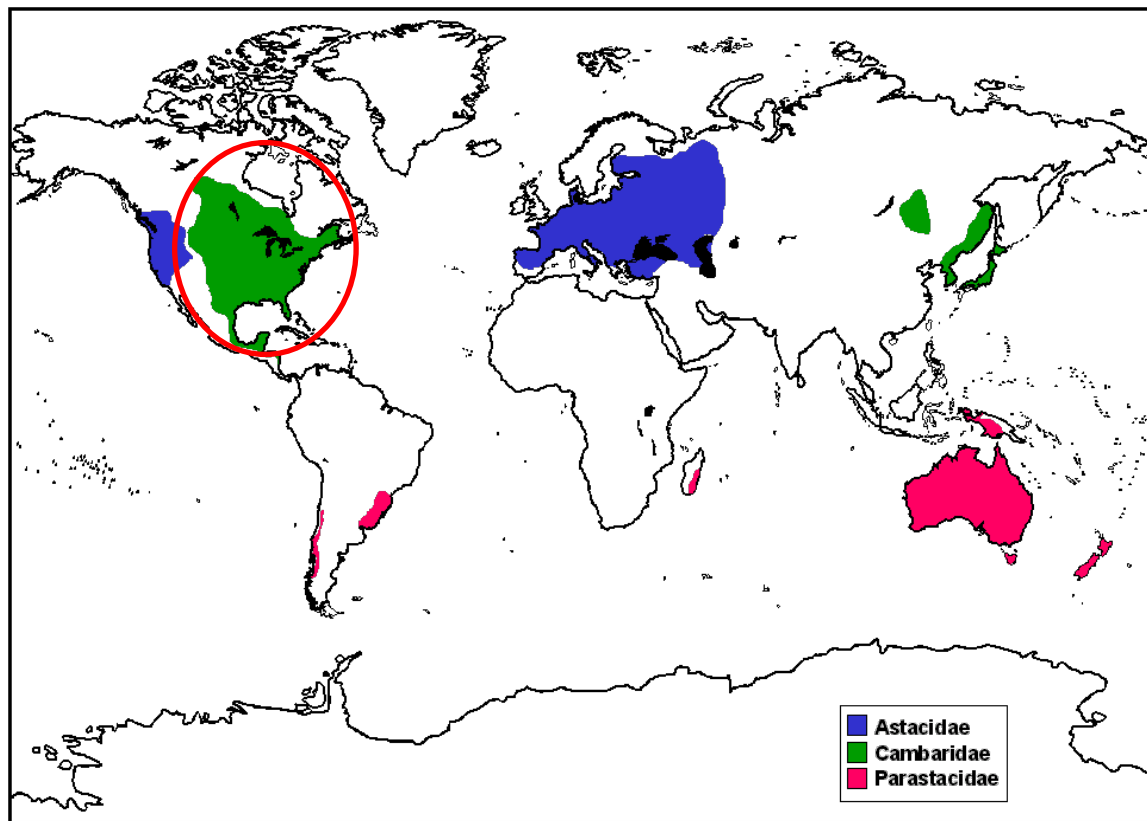
**Porodica: Cambaridae** Hobbs, 1942.

**rodovi: *Faxonius*** Cope, 1872.

***Procambarus*** Ortmann, 1905.

+ 10

- ~ 449 vrsta
- Nastanjuju sve vrste staništa (podzemlje, vlažne livade, močvare, stalne vodotoke i jezera)



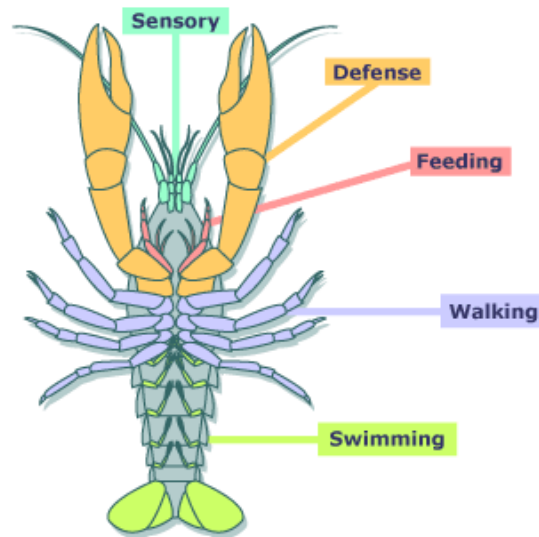
**SPECIFIČNOST** – ciklički dimorfizam – samo u porodici Cambaridae

- **Spolno zreli mužjaci:**  
oblik I – sezona parenja  
oblik II – izvan sezone parenja

## Oblik I

Kopulatorne kukice na bazi pereopoda (noge hodalice), zadebljali/orožnjeni gonopodi

Many limbs, many functions:  
a ventral view of crayfish limbs



Oblik II

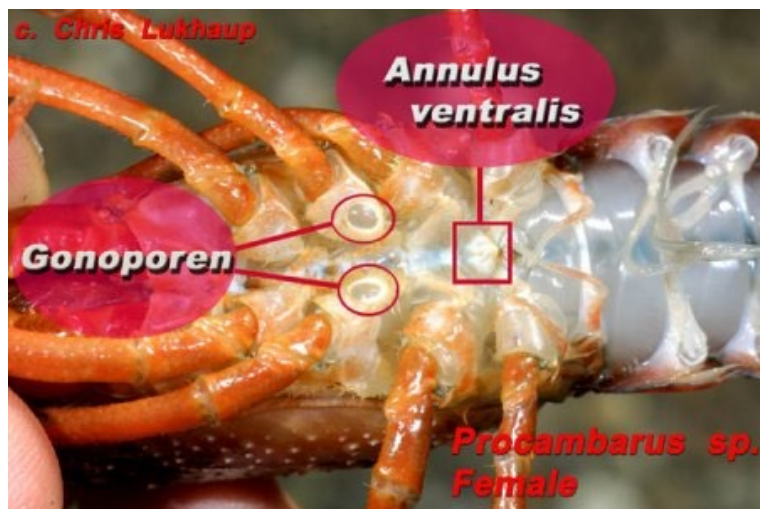


Oblik I

- **Spolno zrele ženke:**

Naglašen i zadebljano sjemeno spremište (annulus ventralis)

- Proizvode do 600 jaja
- Embrionalni razvoj - 2 do 3 tjedna (na 22°C)



Veličina pri postizanju spolne zrelosti vrlo fleksibilna > 45 mmTL (treba 11 presvlačenja/presvlačenje svakih 6 dana)

Maksimalni životni vijek – cca 4 godine, ali rijetko dulje od 12-18 mjeseci

## rod *Procambarus*

- Komercijalne vrste (uzgoj)
- Jugoistok SADa, Srednja Amerika, Karibi



*Procambarus clarkii* - red swamp crayfish,  
*Procambarus acutus* - eastern white river crayfish,  
*Procambarus zonangulus* – gulf white river crayfish

+ 6 slične distribucije



gulf white river crayfish



red swamp crayfish

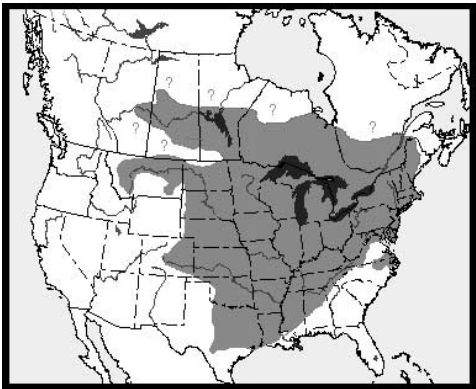


eastern white river crayfish

# Rod *Faxonius*

Uključuje 11 podrodova i 99 vrsta (stalno se opisuju nove)

- Različita staništa, ali primarno jezera i vodotoci
- U plitkim rupama ispod kamenja ili vodene vegetacije
- Neke vrste su troglobionti – podzemne vode – jug SADa i Srednja Amerika



*Faxonius immunis* – calico crayfish  
Stajačice; kopa duboke rupe iznad kojih su „dimnjaci”



*F. limosus* (bodljobradi rak)

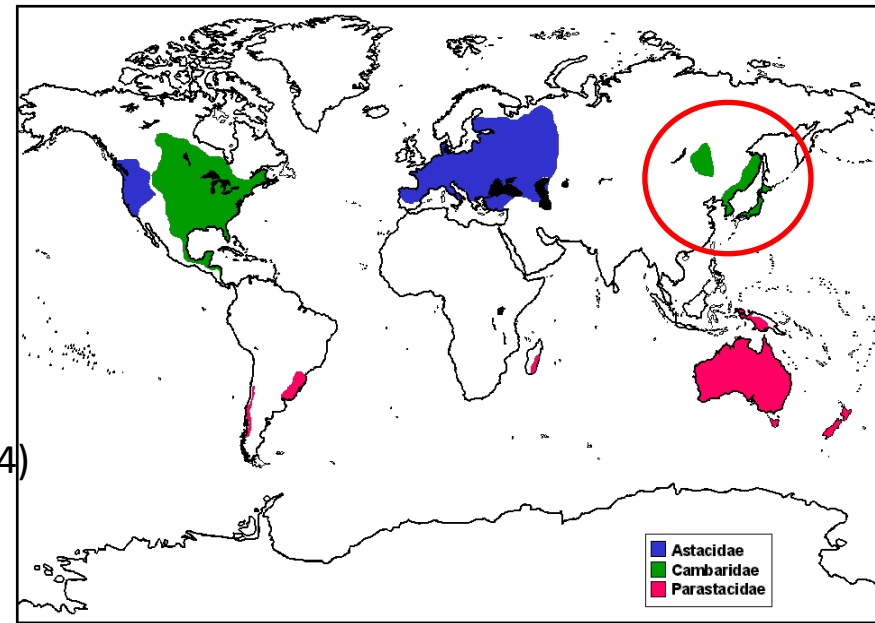
*F. virilis* (virile crayfish)



porodica: Cambaroididae  
rod: [Cambaroides](#)

Istočna Rusija, sjeveroistočna Kina, Koreja i Japan

- *Cambaroides dauricus* (Pallas, 1772)
- *Cambaroides japonicus* (De Haan, 1841)
- *Cambaroides koshewnikowi* (Birstein & Vinogradov, 1934)
- *Cambaroides sachalinensis* (De Haan, 1841)
- *Cambaroides schrenckii* (Kessler, 1874)
- *Cambaroides similis* (Koelbel, 1892)
- *Cambaroides wladivostokiensis* Birstein & Vinogradov, 1934



*Cambaroides dauricus*



*Cambaroides japonicus*



*Cambaroides similis*

porodica: **Astacidae** Latreille, 1802

rodovi: ***Astacus*** Fabricius, 1775

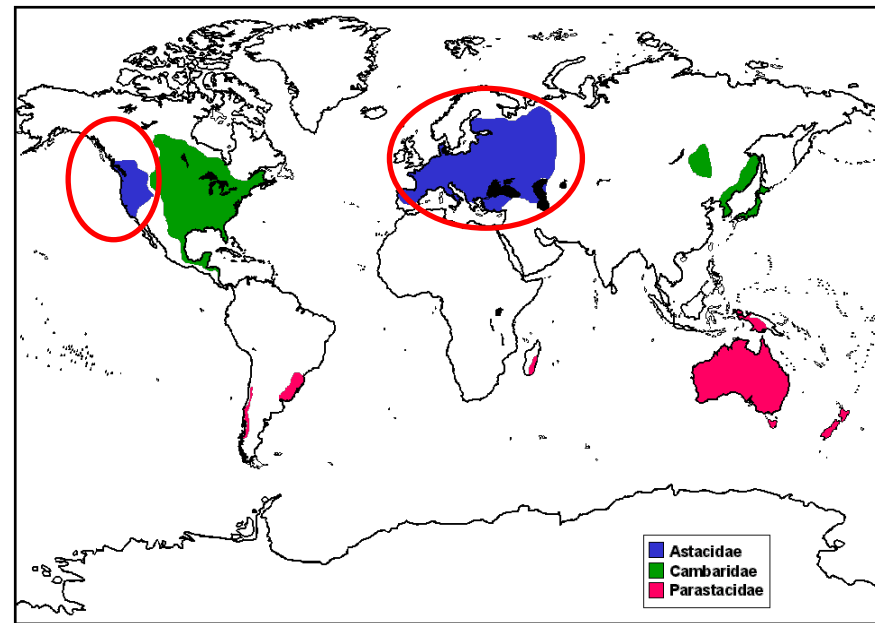
***Pontastacus*** Bott, 1950

***Austropotamobius*** Skorikov, 1907

***Pacifastacus*** Bott, 1950

rod ***Pacifastacus*** endem zapadne obale  
Sjeverne Amerike (između Pacifika i Velikog  
Stjenjaka)

4 vrste, 3 podvrste i 2 izumrle vrste



*P. leniusculus* (signalni rak)

*P. connectens* (Snake river crayfish)

*P. gambelii* (pilose crayfish)

*P. fortis* (Shasta crayfish) – critically endangered



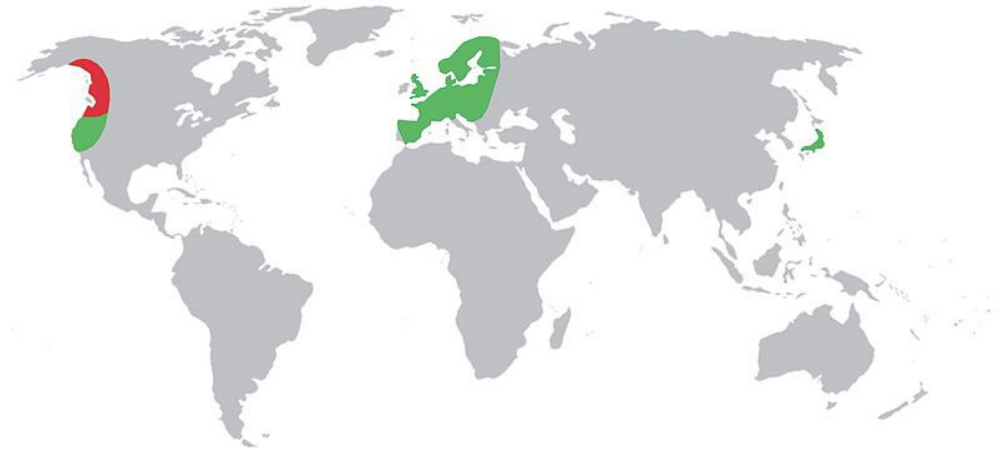
*P. leniusculus*



*P. fortis*

## signalni rak, *P. leniusculus*

- Najraširenija vrsta
- Introduciran na mnoga nova staništa u Sjevernoj Americi, Europi i Japanu
- Oportunistički svejed
- Veliki temperaturni raspon (do 33°C)
- Spolna zrelost 1-3 godine
- Do 500 jaja
- Živi do 16 godina
- Od malih potoka do velikih rijeka, prirodnih i umjetnih akumulacija, može živjeti i u bočatoj vodi



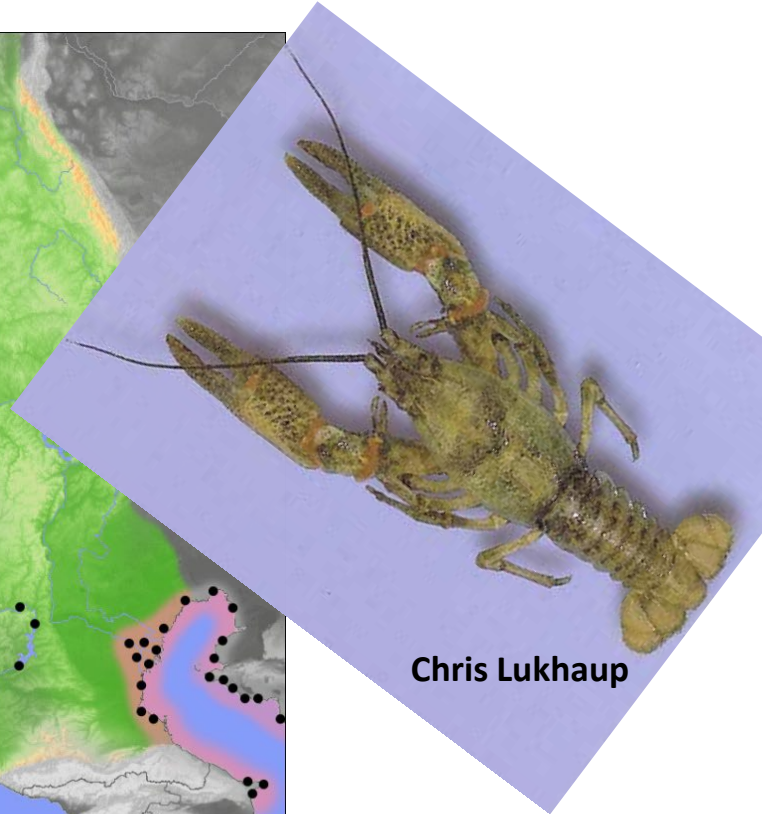
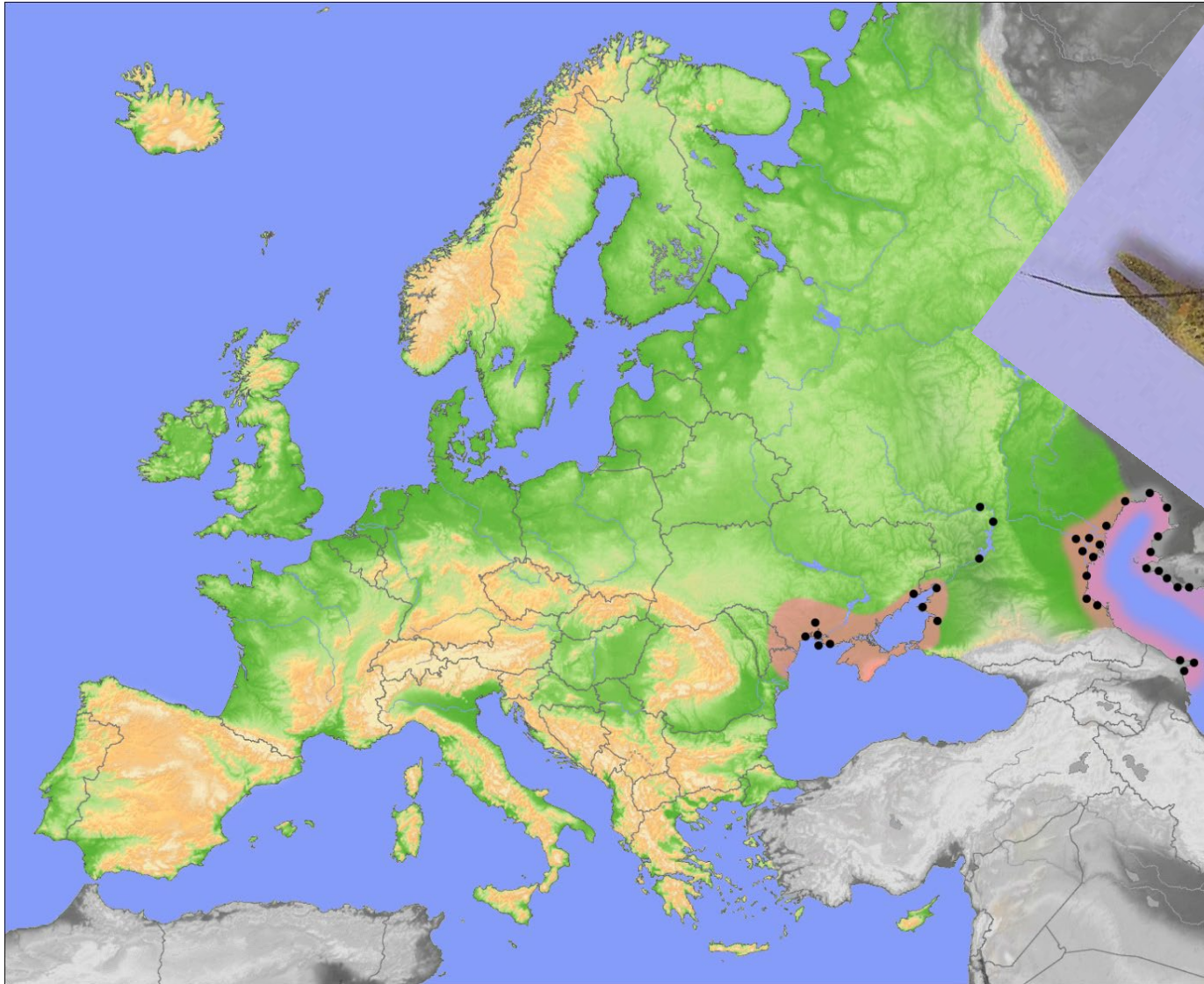
*P. leniusculus* **nativni areal**; **introduciran**

# Riječni rakovi u Europi (porodica Astacidae)

- *Pontastacus (Astacus) pachypus* – Thick-clawed crayfish (Black and Caspian Sea)
- *Pontastacus (Astacus) leptodactylus* – uskoškari rak
- *Astacus astacus* – riječni ili plemeniti rak
- *Astacus colchicus* Kessler, 1876 (Gruzija)
- *Austropotamobius pallipes* sp kompleks – bjelonogi rak
- *Austropotamobius torrentium* – potočni rak
- *Austropotamobius bihariensis* Pârvulescu, 2019

# Riječni rakovi u Europi (porodica Astacidae)

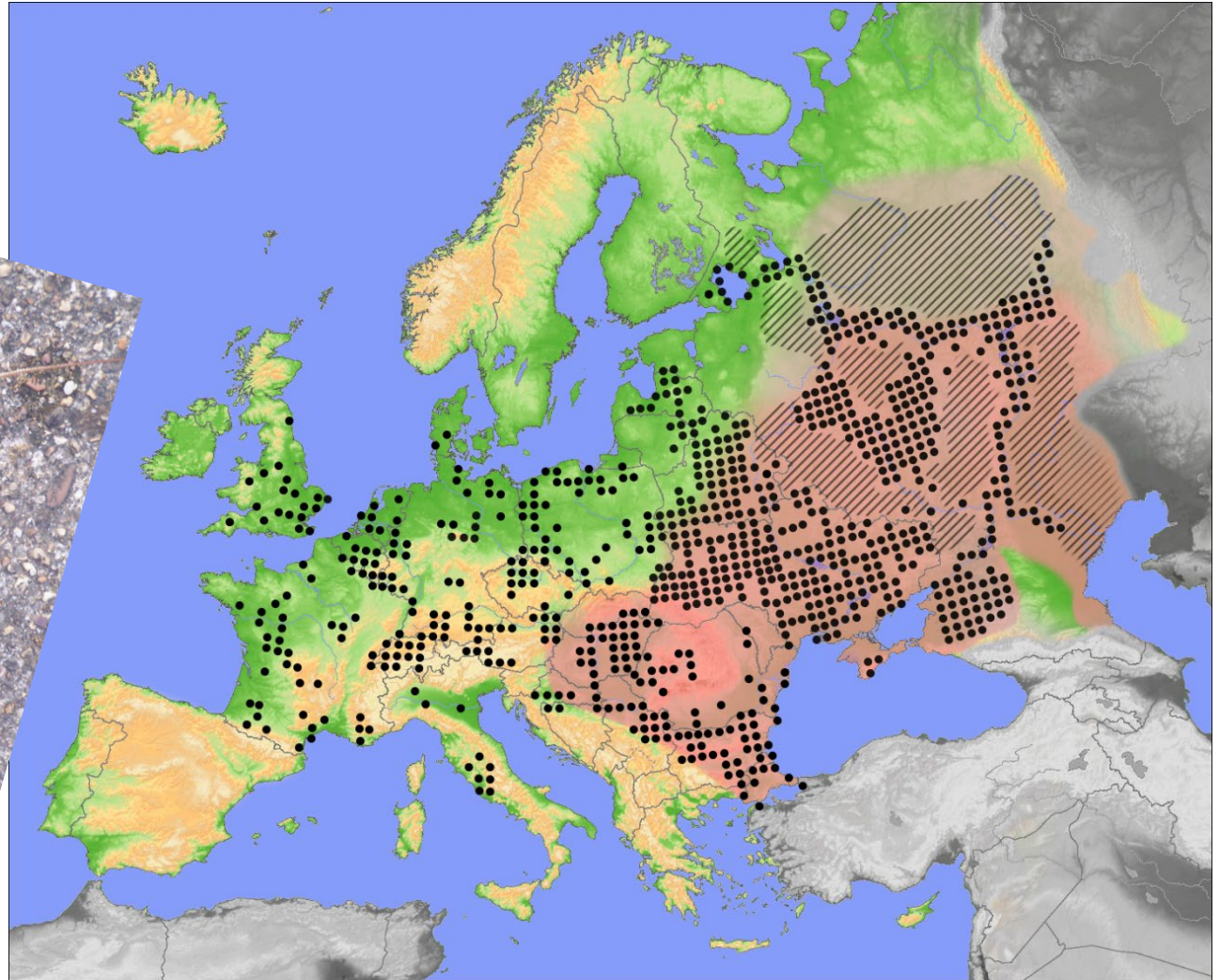
- *Pontastacus (Astacus) pachypus* – Thick-clawed crayfish (Crno more i Kaspijsko jezero)



Chris Lukhaup

(Kouba et al., 2014)

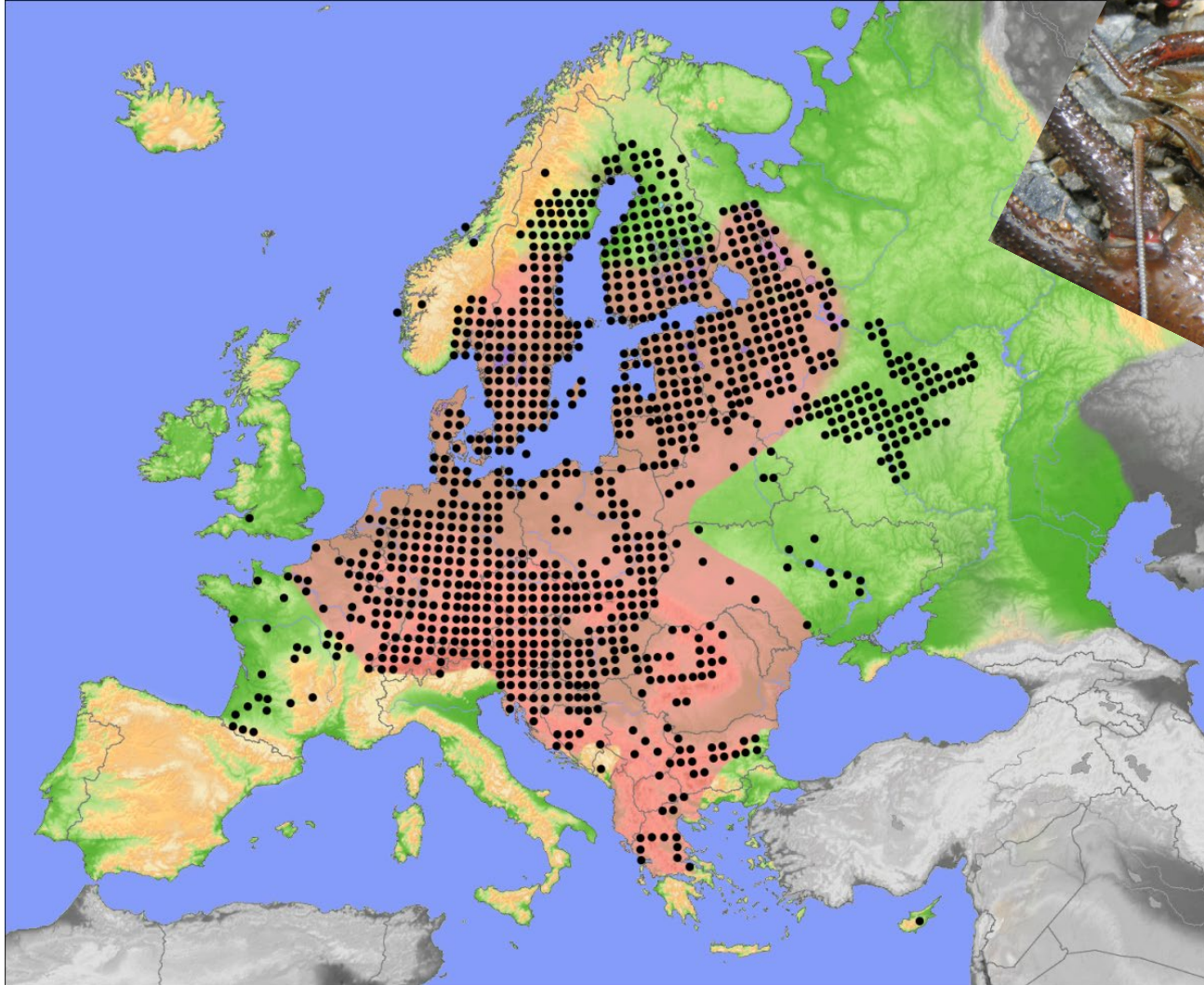
- *Pontastacus leptodactylus* – uskoškari, barski ili turski rak



(Kouba et al., 2014)

Blaha et al (2023) Phylogeographic patterns of genetic diversity in *Pontastacus leptodactylus* (Decapoda: Astacidae): Is the hypothesis of the taxonomically rich genus *Pontastacus* true? (Zoological Journal of the Linnean Society )

- *Astacus astacus* – Plemeniti ili riječni rak

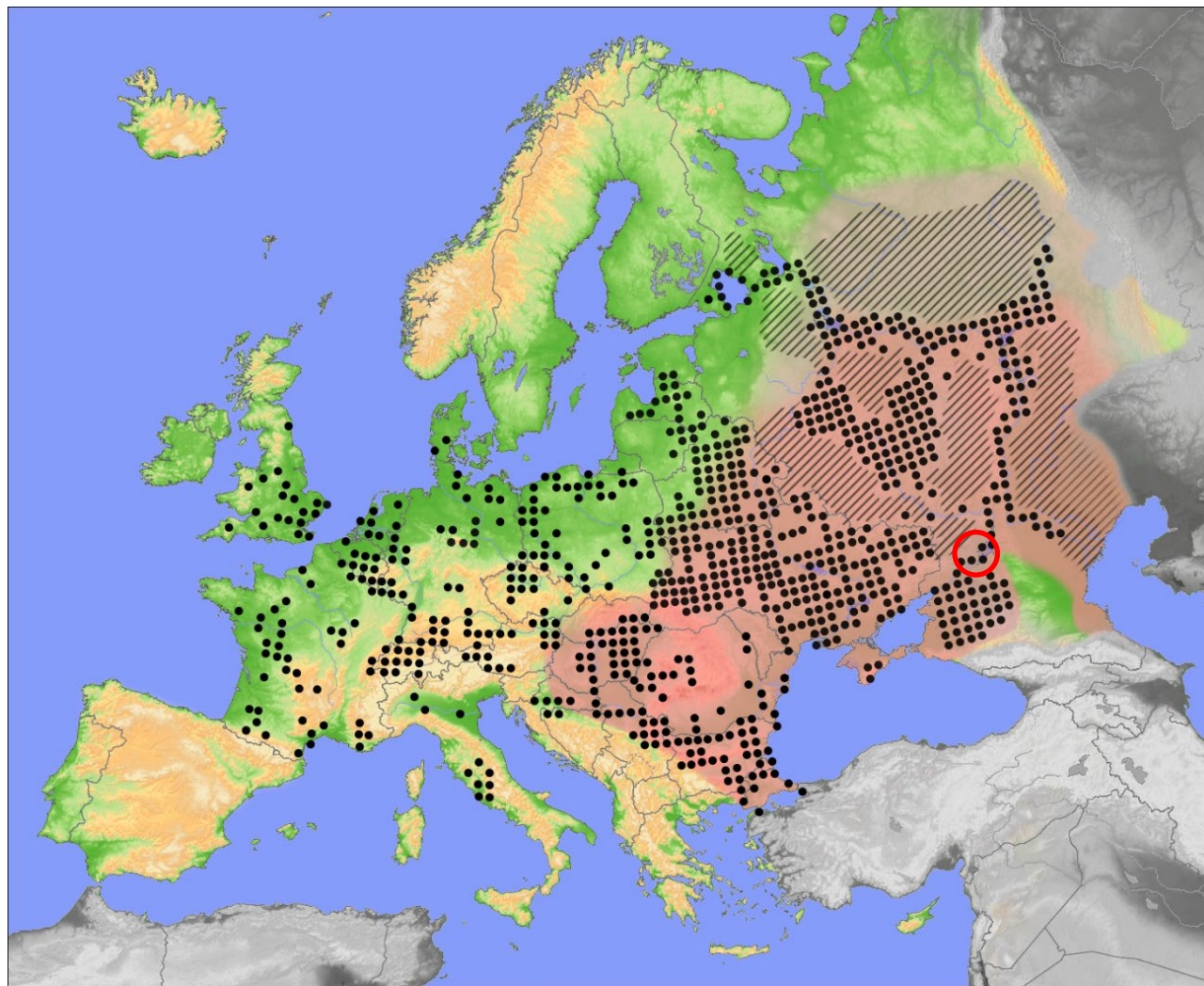


(Kouba et al., 2014)

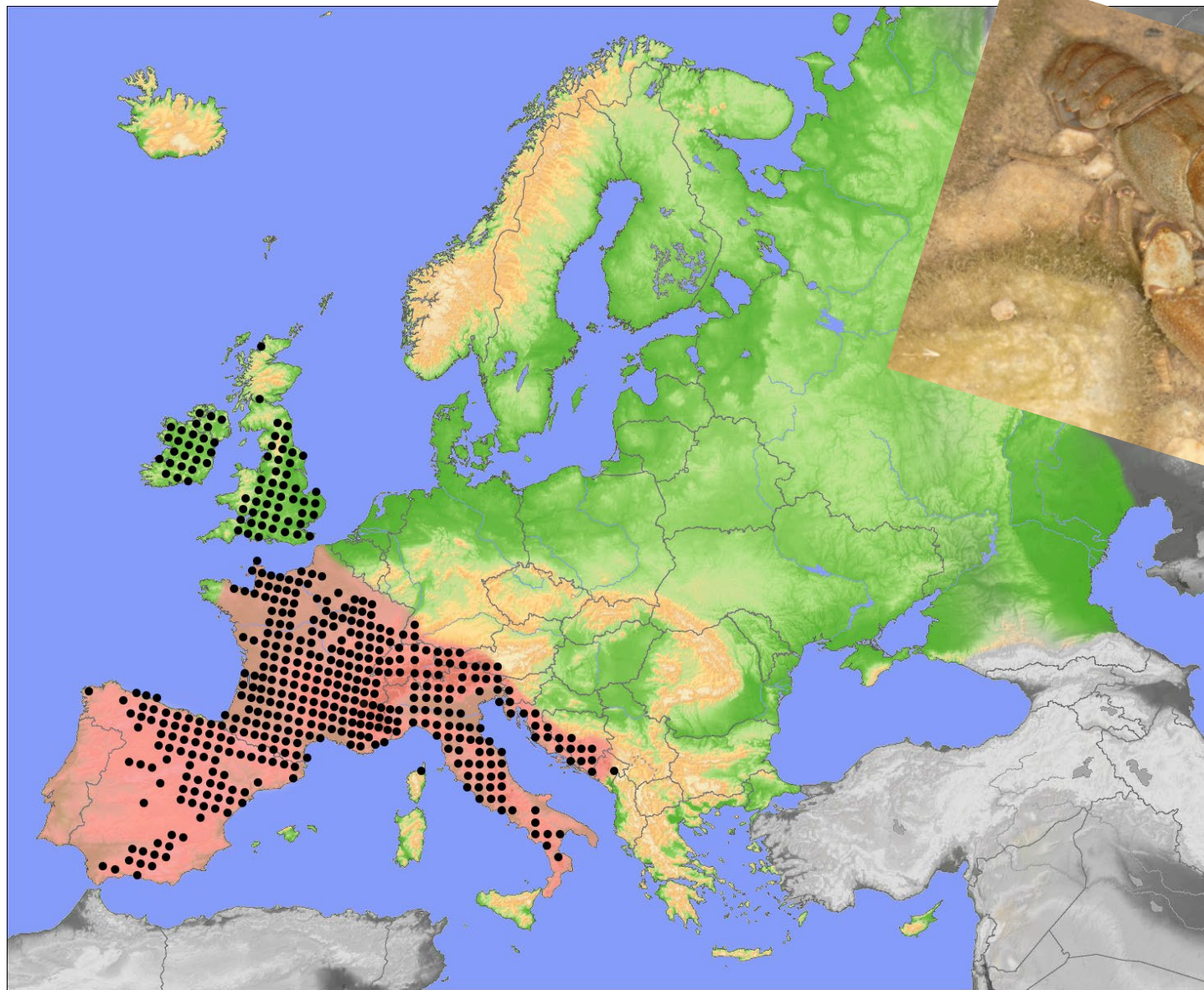
*Astacus colchicus* – Gruzija – rijeka Rioni



*Astacus colchicus*



- *Austropotamobius pallipes* kompleks – bjelonogi ili primorski rak



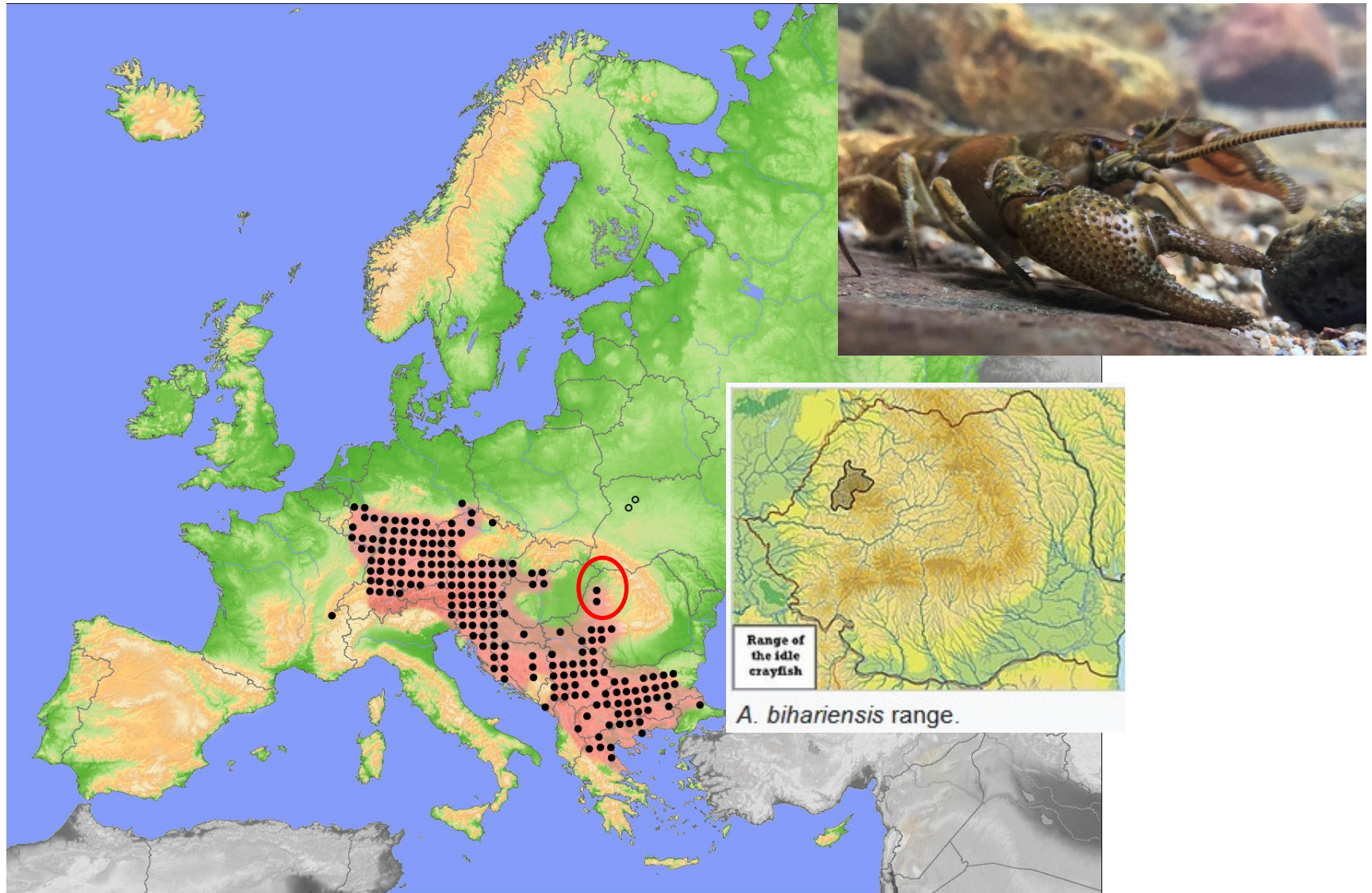
(Kouba et al., 2014)

- *Austropotamobius torrentium* – potočni ili rak kamenjar

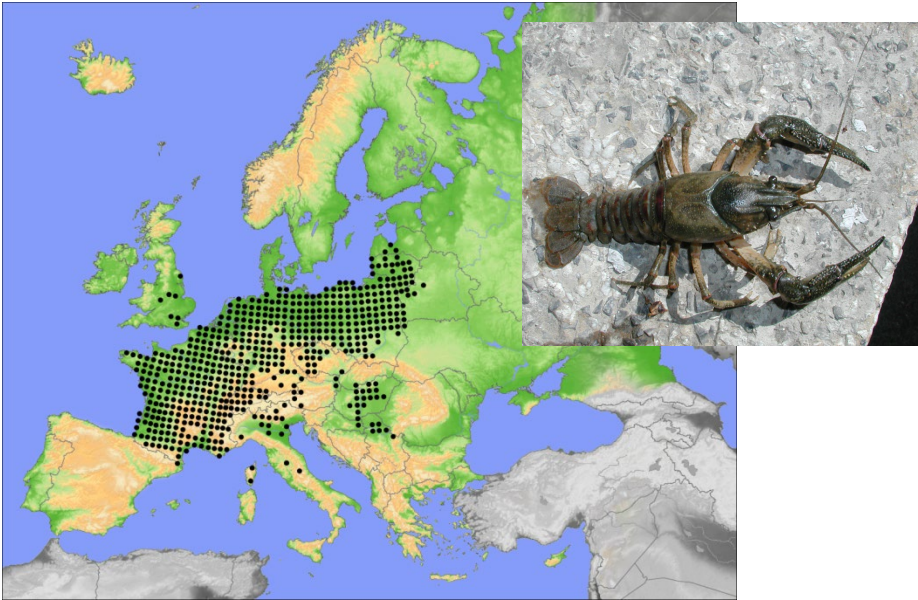


(Kouba et al., 2014)

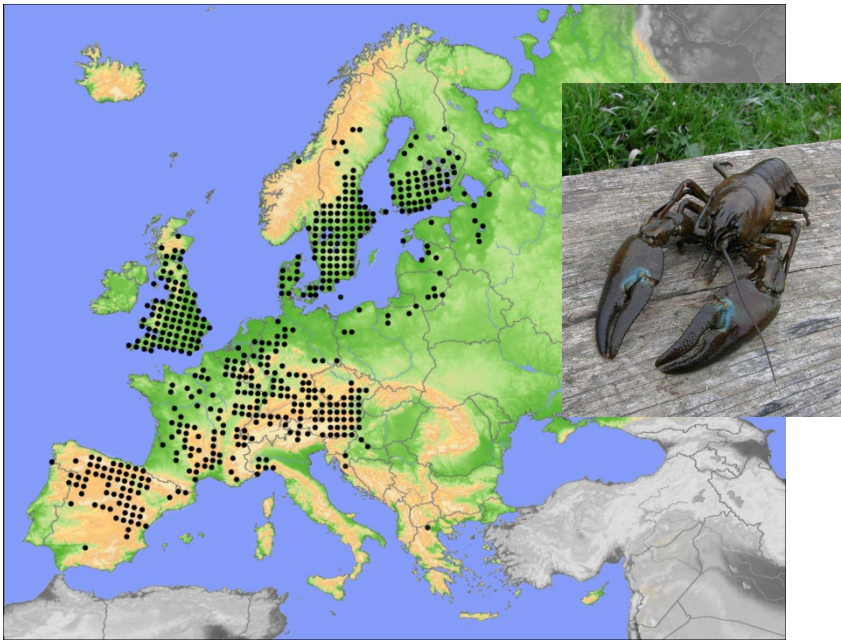
- *Austropotamobius bihariensis* Pârvulescu, 2019



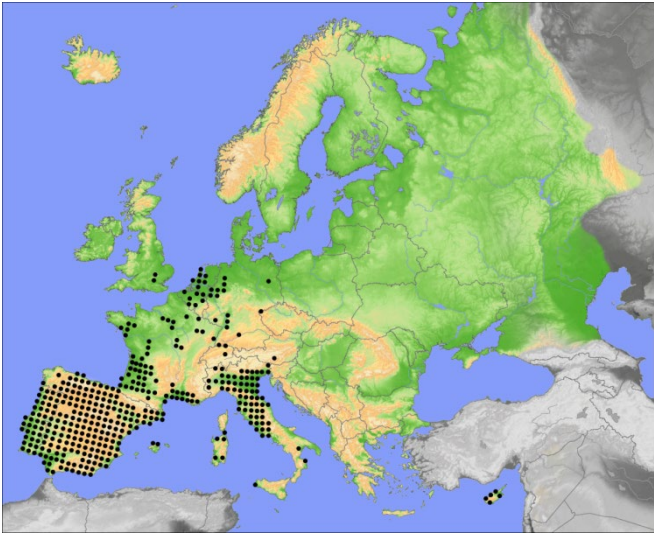
10-ak stranih INVAZIVNIH vrsta (Amerika i Australija)



*Faxonius limosus*  
**(bodljobrati rak)**



*Pacifastacus leniusculus*  
**(signalni rak)**



(photo C. Lukhaup)

*Procambarus clarkii* **(crveni barski rak)**

(Kouba et al., 2014)

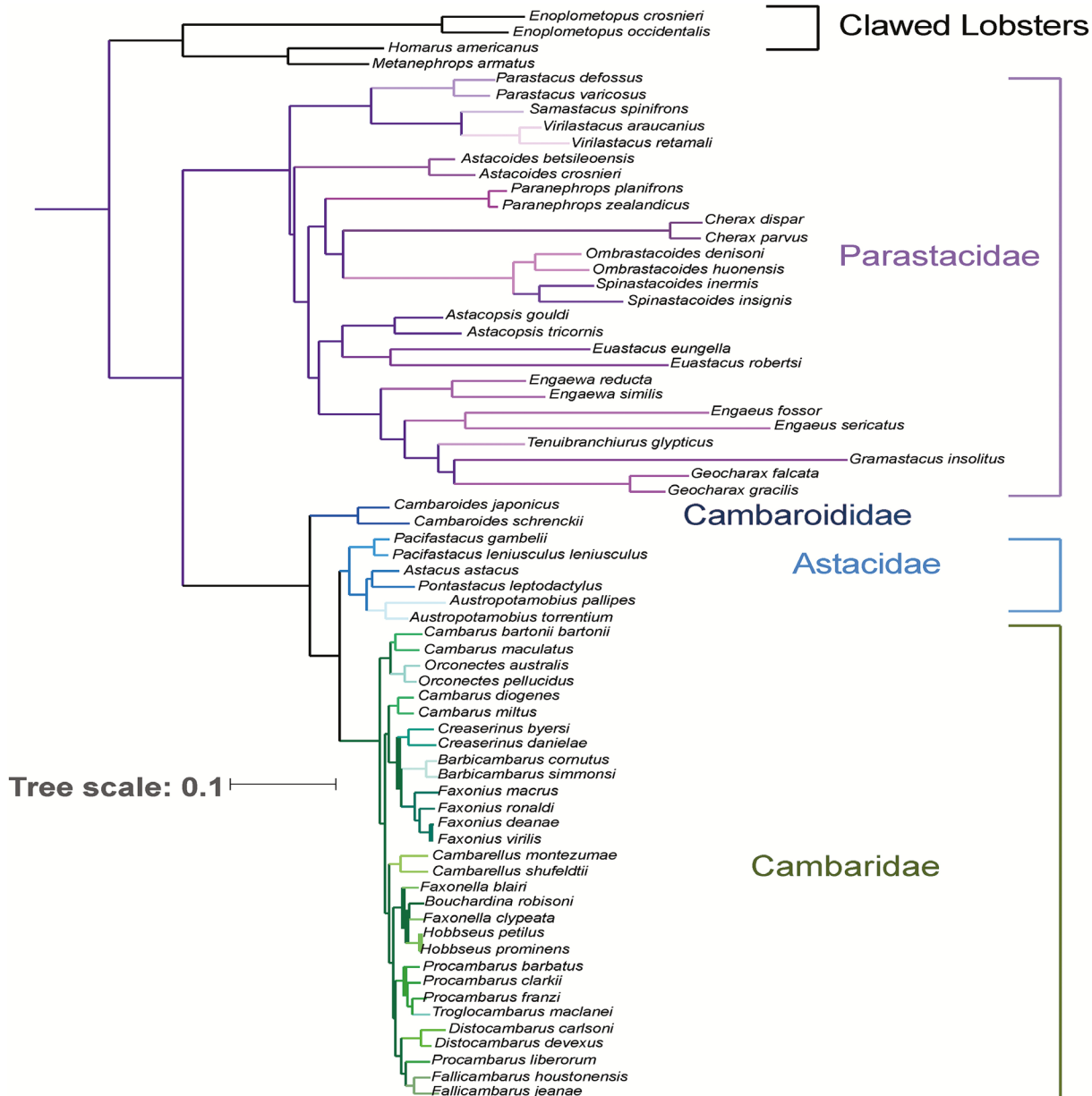
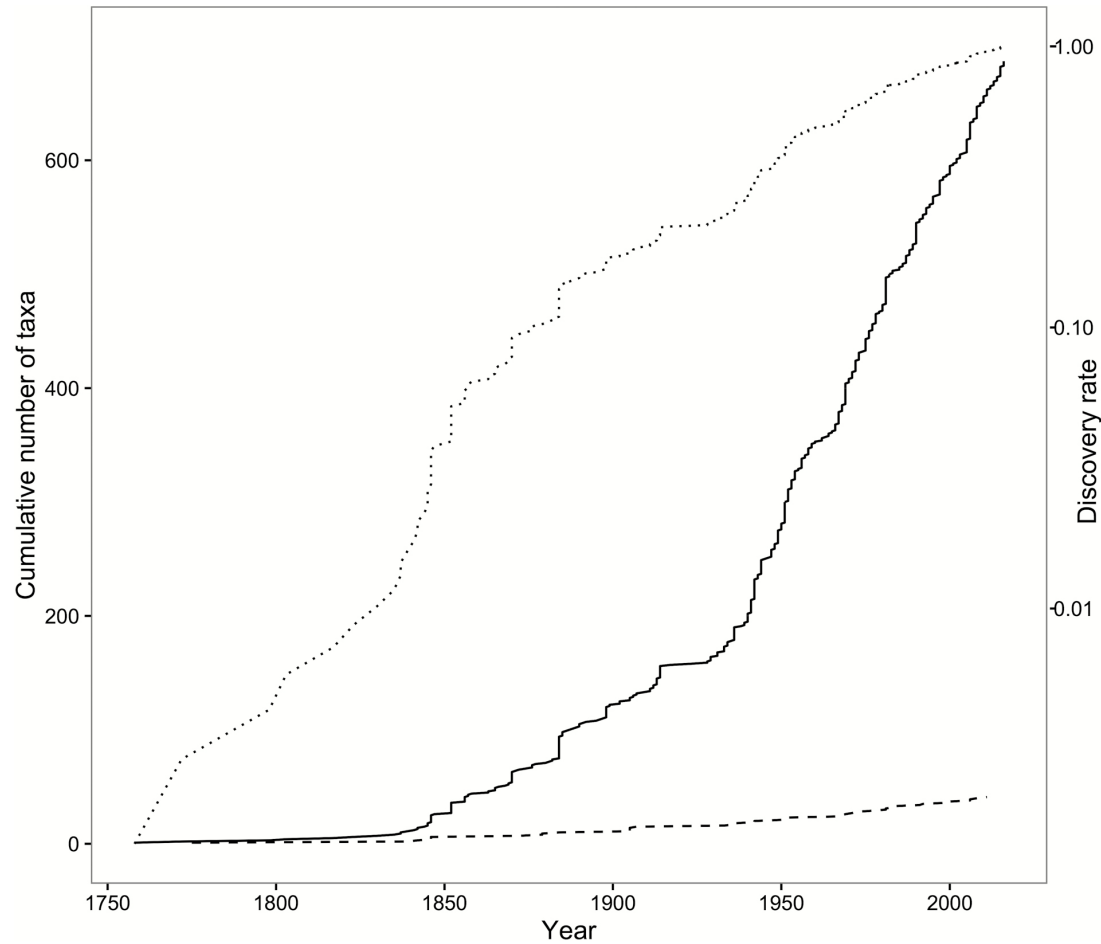


Figure 2. Filogenetski odnosi između slatkovodnih rakova (podaci iz Stern et al., 2017), s označenim porodicama (različite boje). Kao vanjska grupa korišteni su predstavnici hlapova (u crnom).

**Figure 1.** Kumulativni broj rodova (isprekidana linija) i vrsta (puna linija) po godinama. Brzina otkrivanja je prikazana točkastom linijom (u logaritamskoj skali *sensu* De Grave (2003)).



# Nativne europske vrste su ugrožene

- **antropogeni pritisak** – prorijeđene populacije, manje populacije, izolirane populacije + invazivni strani rakovi (agresivniji, fekundniji) + račja kuga – zaštićeni nacionalnim i međunarodnim zakonima (IUCN, Habitat directive, Bern convention)

Što napraviti i kako ih očuvati?

Prvi korak – dobro poznavanje biologije i ekologije