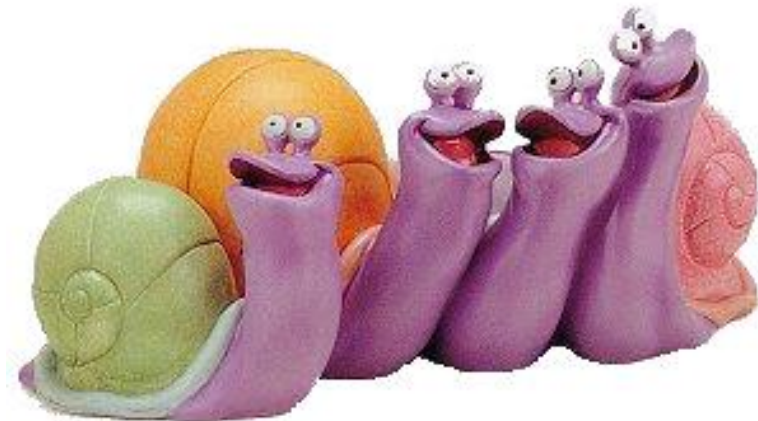


# Malakozologické okénko

metody sběru terénních dat a něco o našich měkkýších

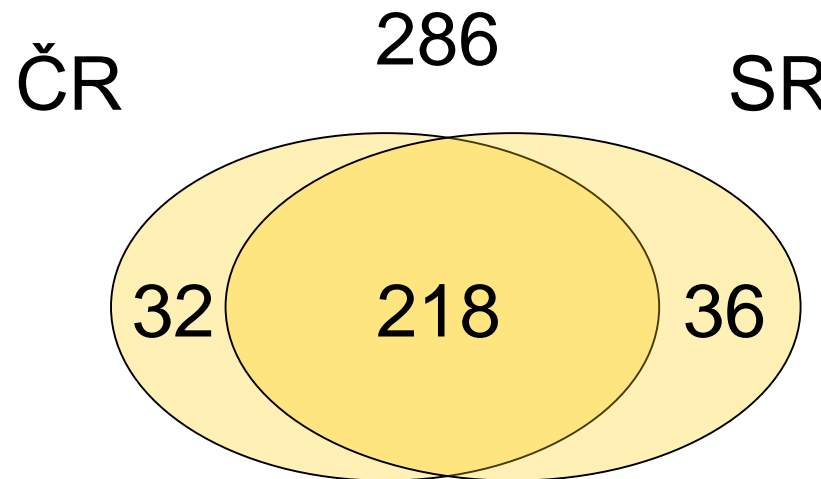
- **diverzita v ČR a SR**
- **metody terénního průzkumu**
- **determinace a znaky**
- **ekologické nároky suchozemských plžů**
- **paleoekologie a měkkýši**
- **studovaná témata**
- **malý kvíz**



# Diverzita měkkýšů v ČR a SR

<http://mollusca.sav.sk/malacology/checklist.htm>

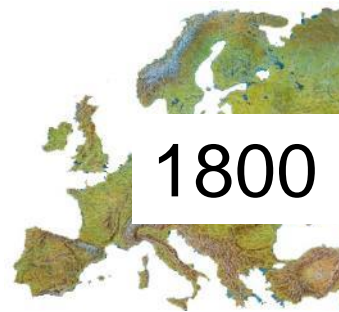
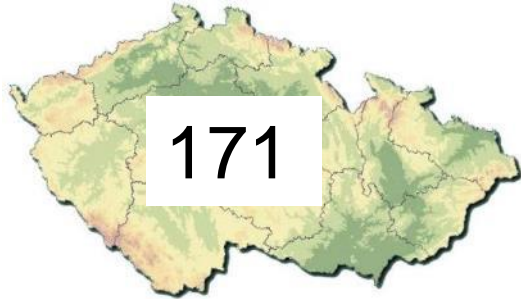
- ČR: **250** druhů
  - 222 plžů: 51 vodních a 171 suchozemských
  - 28 mlžů
- SR: **254** druhů
  - 225 plžů: 52 vodních a 173 suchozemských
  - 29 mlžů



Porovnání počtu druhů měkkýšů České a Slovenské republiky  
(Horsák et al. 2013, 2020)

# Počet druhů a historie výzkumu

- druhová bohatost suchozemských plžů



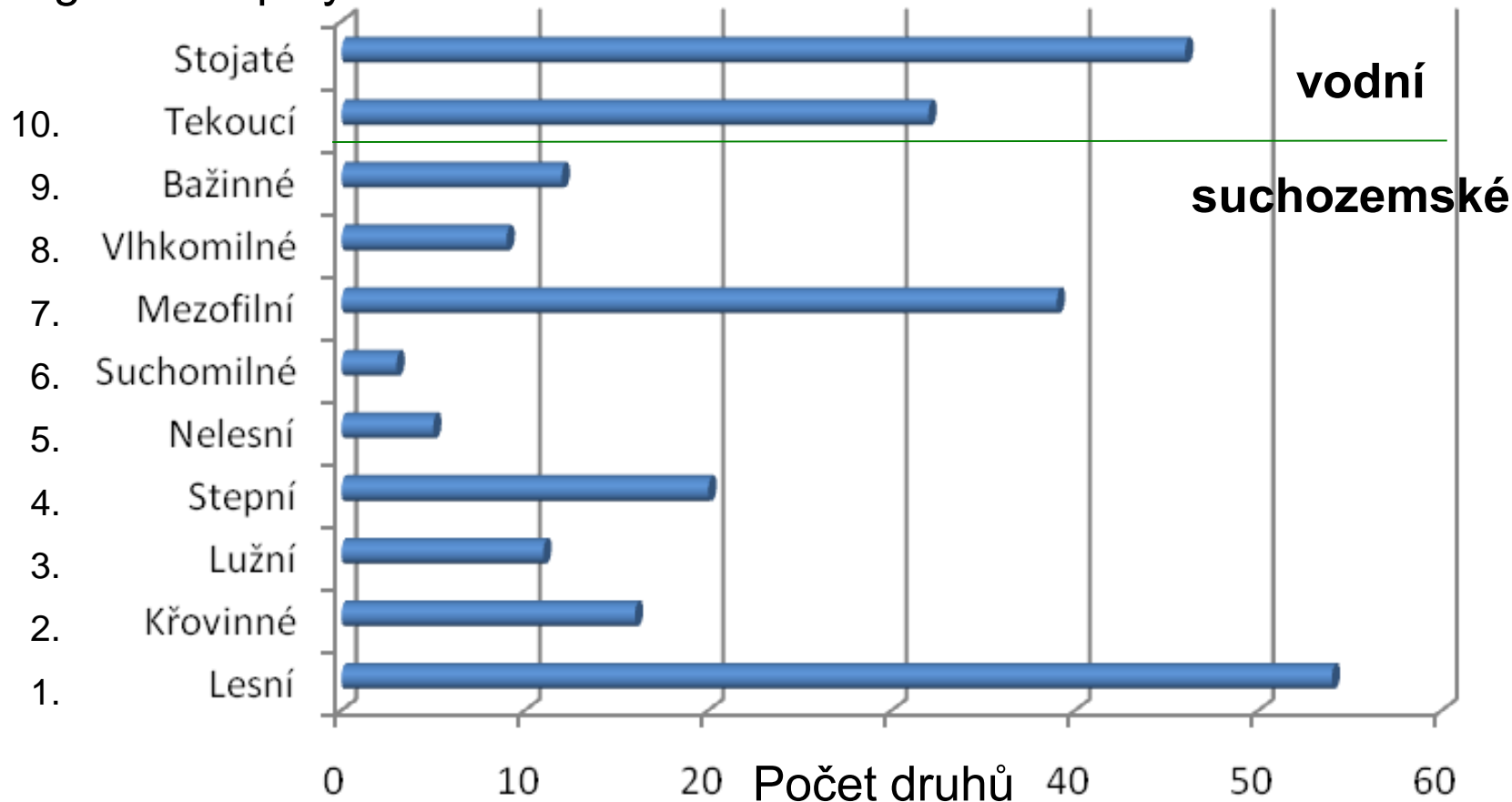
- více než 150letá tradice výzkumu měkkýšů u nás
- dr. [Vojen Ložek](#) - náš nejvýznamnější badatel, zakladatel moderní kvartérní malakozologie



# Ekologická klasifikace našich měkkýšů

- klasifikace současné malakofauny ČR: **250** druhů
- dělení druhů do deseti základních ekologických skupin (Ložek 1964, Lisický 1991, Juříčková et al. 2014); vodní druhy (10. skupina) jsou zjednodušeně rozděleny podle převažujícího výskytu v tekoucích nebo stojatých vodách

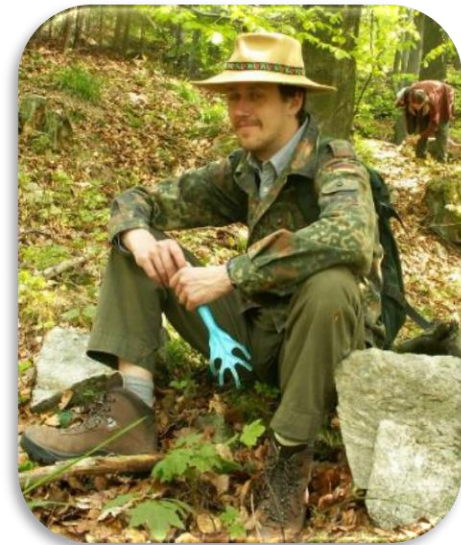
## Ekologické skupiny



# Metody terénního průzkumu – terestrické biotopy

## ▪ ruční sběr

- pomůcky: kovové hrabátko, měkká pinzeta, epruvety, plátěné pytlíčky
- provedení: vytýčení plochy, prozkoumání všech typů mikrostanovišť, standardizace na čas (1-2 hodiny)



Malakodny - každoroční setkání šnekařů:

<http://mollusca.sav.sk/malacology/malakodny.htm>

# Metody terénního průzkumu – terestrické biotopy

---

## ▪ odběr půdní hrabanky

- pomůcky: kovové hrabátko či lopatka, igelitka, rámeček
- provedení: vytýčení plochy, odběr veškerého materiálu do hloubky ca 5 cm, (oddělení hrubší frakce prosetím), uložení do igelitového pytle/tašky
- zpracování: usušení, prosetí, vyplavení, usušení, vytrídění

## ▪ doplňkové/specifické

- smýkadlo, mokrý prosev vegetace mokřadů a vlhkého listového opadu

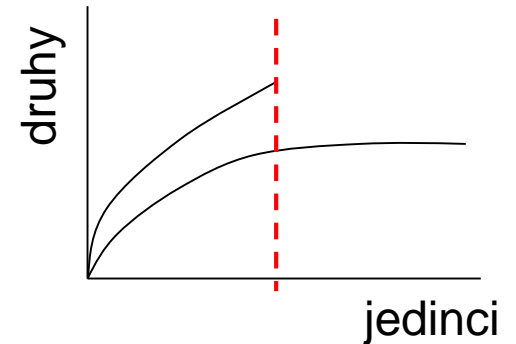


# Metody terénního průzkumu – terestrické biotopy

---

## ▪ optimalizace úsilí

- Cameron & Pokryszko (2005): jedinců 10x více než druhů a ne méně než 200 kusů
- verifikace pomocí rarefaction



# Metody terénního průzkumu – vodní biotopy

---

## ▪ ruční sběr

- pomůcky: kovové síto, ruční síť na rámu, měkká pinzeta, epruvety, plátěné pytlíčky
- provedení: prozkoumání všech typů mikrostanovišť, prohlížení vegetace, kamenů, dřev, promývání vegetace a sedimentů sítím/sítí, standardizace na čas/úsilí

# Zpracování vzorků – mokrý prosev



Fig. 1.



Fig. 2.

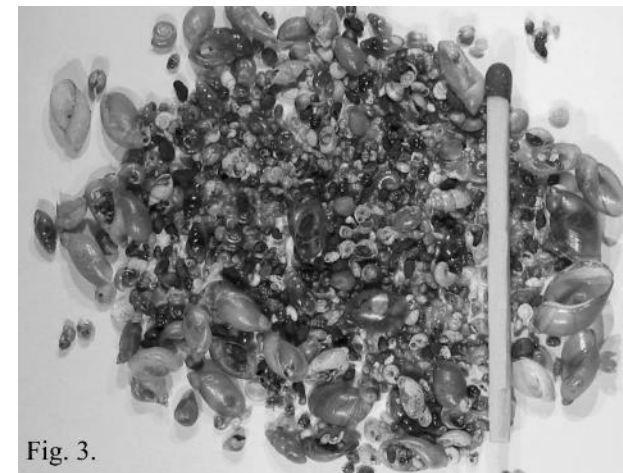


Fig. 3.



# Determinace: znaky na ulitě

## velikost

1,5 mm až 4 cm



## tvar

plochý až vřetenovitý



## točivost

pravo- a levotočiví



## počet závitů

0 až 7



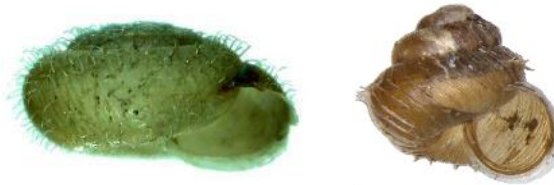
## struktury v ústí

zuby a lamely



## struktury na povrchu

chlupy, trny, žebírka...



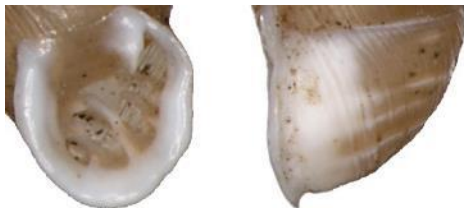
## píštěl

zavřená až široká



## šev

mělký až hluboký



# Determinace: kde ulita nestačí

---

## rody

## znaky

<i>Stagnicola</i> ( <i>Anisus</i> )	poměr praeputia a phallotheky penisu, řez prostatou počet klků prostaty
<i>Gyraulus</i>	znaky na penisu, poměr proximální a distální části
<i>Aegopinella</i> ( <i>Oxychilus</i> )	poměr proximální a distální části penisu, napojení zatahovače penisu
<i>Lehmannia</i>	znaky na penisu, tvar, délka flagella
<i>Deroceras</i> ( <i>Arion</i> )	tvar penisu a dráždicího tělesa, délka slepého střeva celkový tvar, poměr penisu a oviduktu, tvar bursy
( <i>Trochulus</i> )	celkový tvar, počet glandula mucosae
(suchomilky)	celkový tvar, utváření a počet šípových vaků

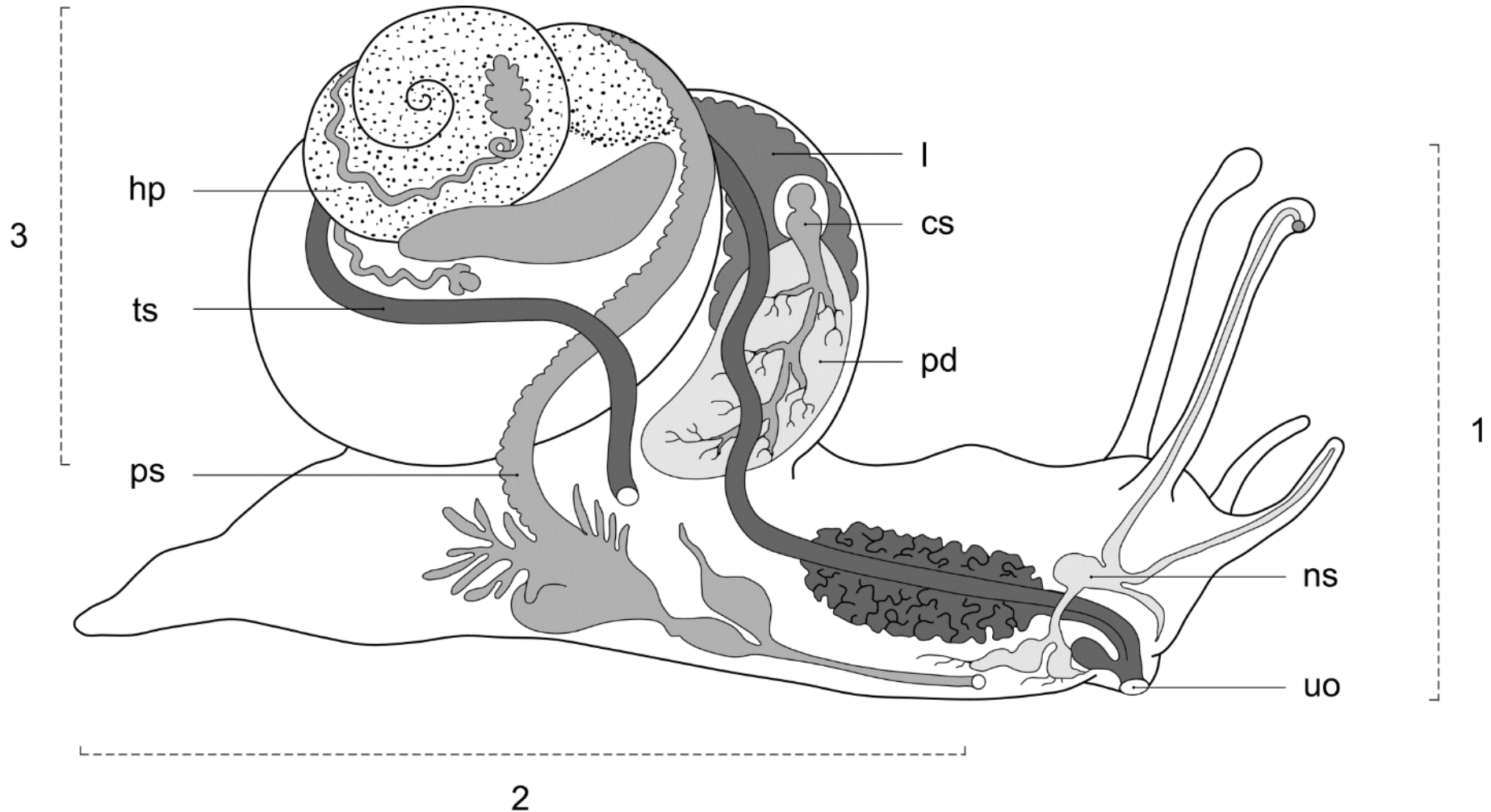
rody v závorkách – pitva nutná méně často

# Fixace před pitvou

---

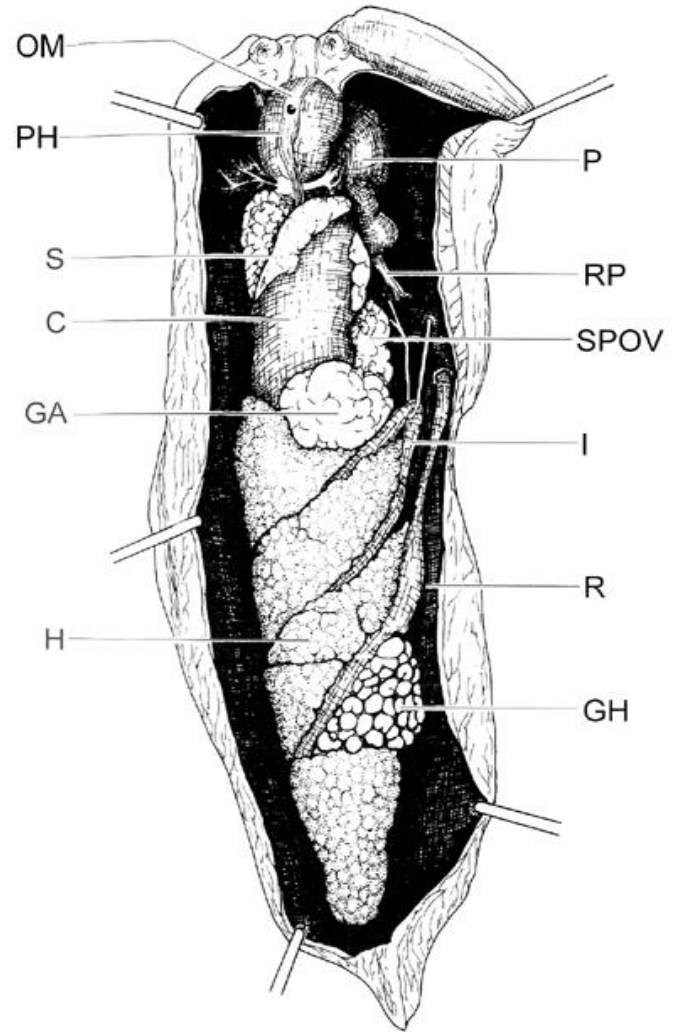
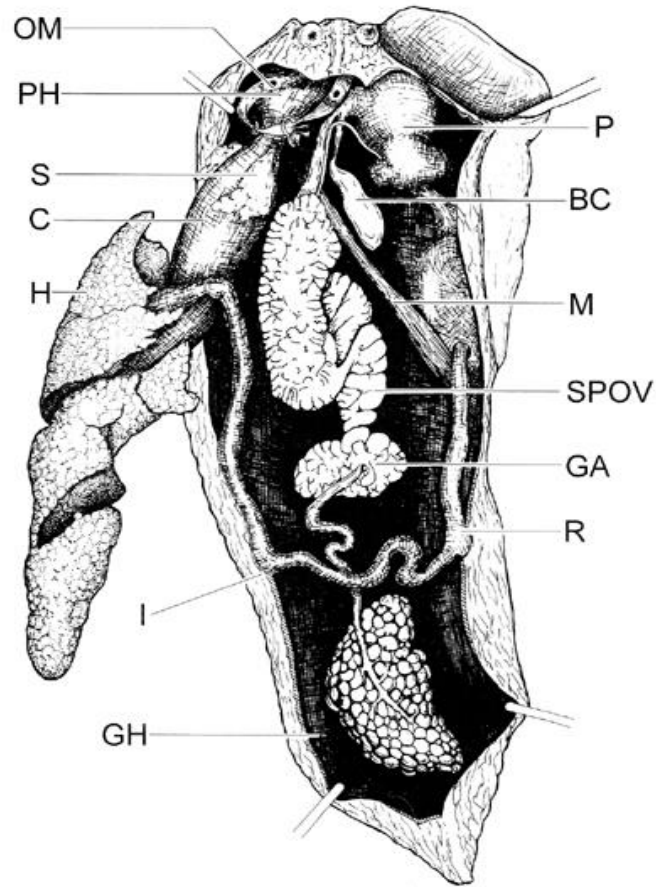
- obecně je nutné před fixací plže utopit – relaxovat jeho tkáně, jinak dojde ke křečovitému scvrknutí a následně jsou tkáně tuhé, křehké a lámavé (po delší době mohou macerovat a hnít)
- doba topení trvá okolo 1 dne, záleží na množství a teplotě vody (jde o obsah kyslíku), utopeného plže poznáme zpravidla tak, že se ve vodě bezvládně vznáší
- u naháčů možné zjednodušení a urychlení:
  - usmrcení ve vodě sycené  $\text{CO}_2$  (perlivá voda - udušení během několika minut)
  - po 15 min. převedení do ca 70% etanolu
- plovatky je možné usmrtit vařící vodou a pak převést do lihu
- suchozemské plže, hlavně menší doporučuji topit (je třeba hlídat - tělo rychle přehnije!)

# Základní anatomie ulitnatého plže



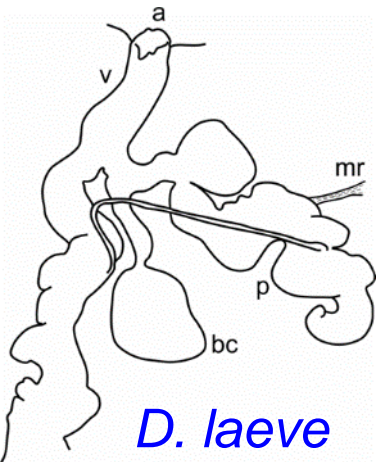
1 - hlava s horním párem tykadel nesoucích na konci jednoduché oči a dolním párem čichových tykadel, 2 - svalnatá noha, 3 - ulita kryjící útrobní vak s orgány, cs - cévní soustava, hp - hepatopankreas, ns - nervová soustava, l - ledvina, pd - plíce, ps - pohlavní soustava, ts - trávicí soustava, uo - ústní otvor

# Determinace pomocí anatomických znaků

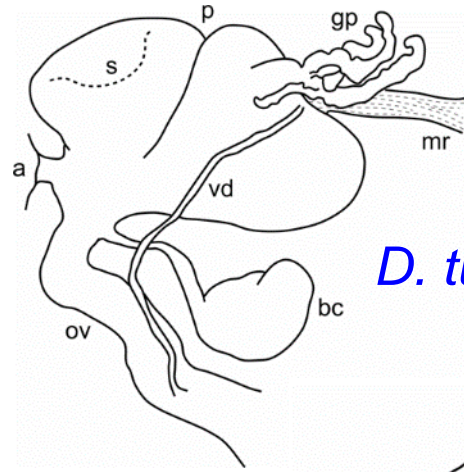


C – vole, GA – bílková žláza, GH – obojetná žláza, H - hepatopankreas, I - střevo, OM – horní tykadlo, P - penis, PH - hltan, R – rektální část střeva, RP – zatahovač penisu, S – slinné žlázy, SPOV - spermoviduct, (Wiktor 2000)

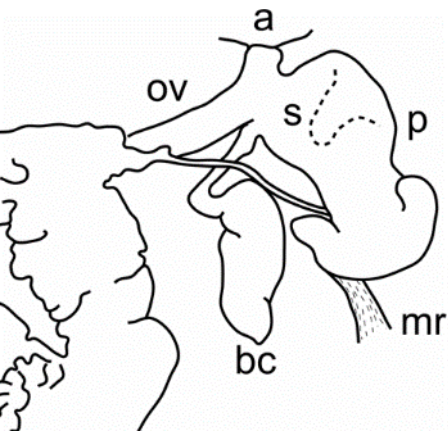
# Variabilita penisů v r. *Deroceras*



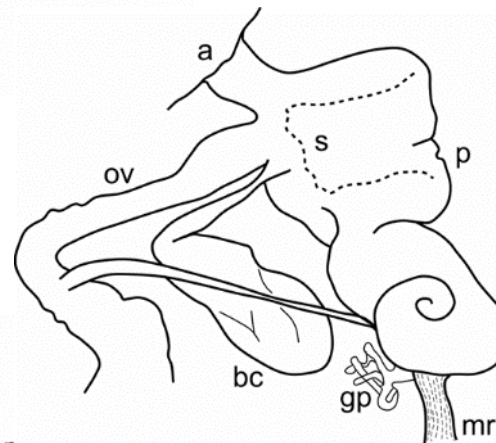
*D. laeve*



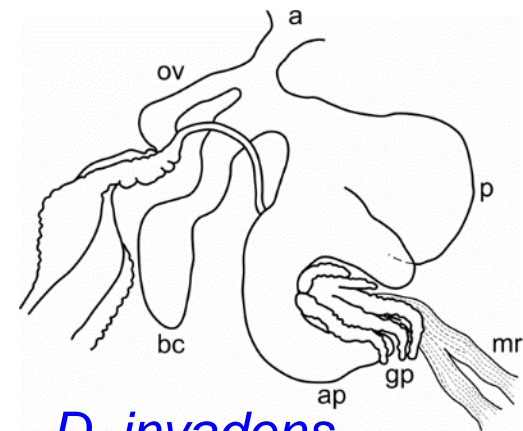
*D. turcicum*



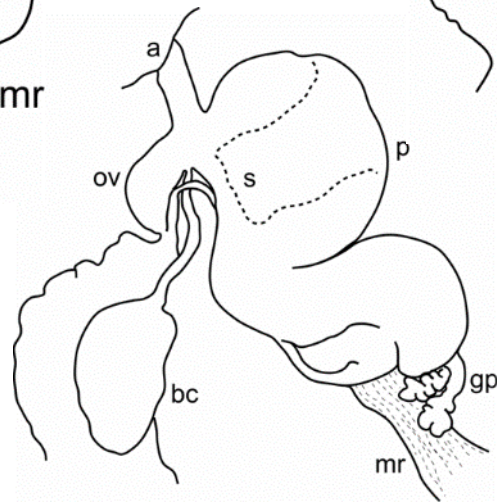
*D. sturanyi*



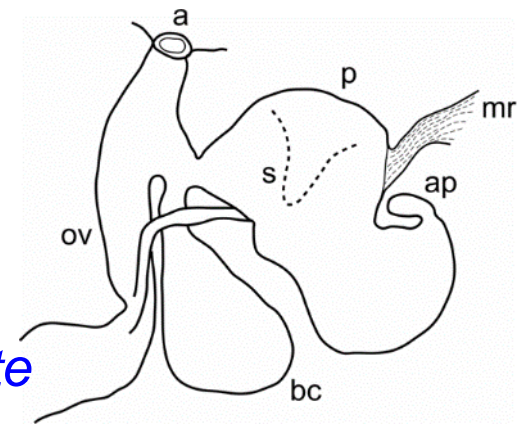
*D. praecox*



*D. invadens*



*D. rodnae*



*D. agreste*

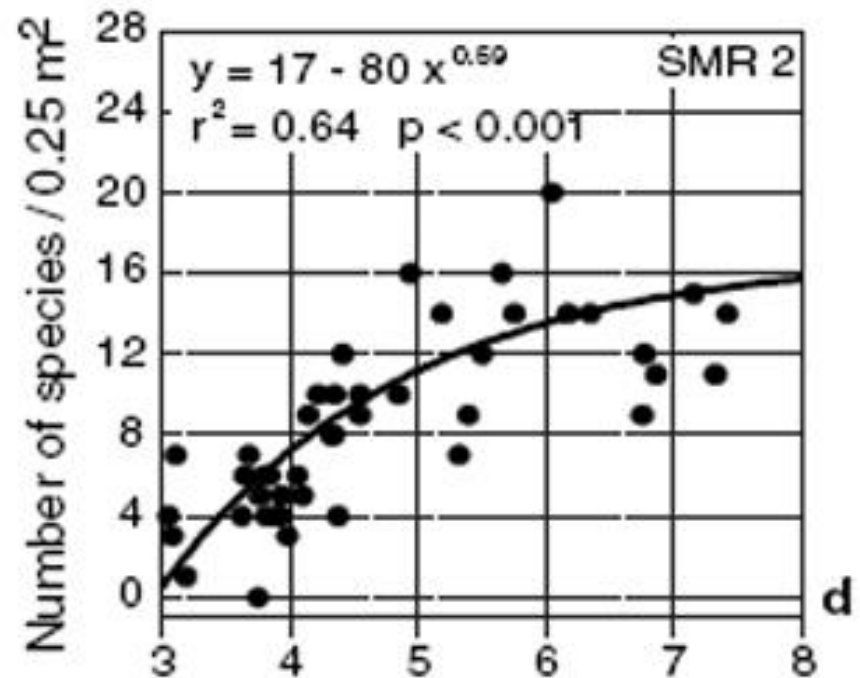
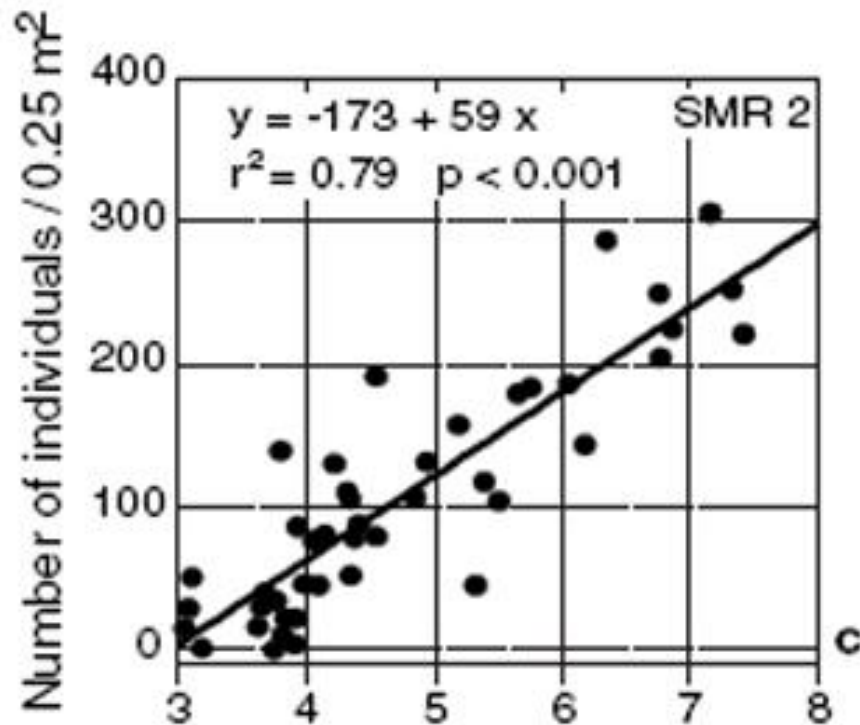
# Hlavní ekologické faktory

---

- **obsah vápníku** – pozitivní vliv, množství studií:
  - velkoškálové, společenstva: např. Wäreborn 1969, 1970, 1976; Waldén 1981; Millar & Waite 2002; Martin & Sommer 2004a, Horsák & Hájek 2003; Horsák 2006; Horsák & Cernohorsky 2008
  - maloškálové, společenstva: Nekola & Smith 1999; Juříčková et al. 2008 (review studií, hlavně vliv vápníku)
  - druhy: Horsák et al. 2007 (více druhů); Horsák et al. 2011 (*P. alpicola*); Schenková et al. 2012 (*V. geyeri*)
- **vlhkost** – pozitivní vliv, studií méně:
  - společenstva: Wäreborn 1969; Martin & Sommer 2004a, b; Gleich & Gilbert 1976; Getz & Uetz 1994; Dvořáková & Horsák 2012; Chiba 2007
  - druhy: Schenková et al. 2012 (*V. geyeri*), Tattersfield & McInnes 2003 (*V. moulinsiana*), málo suchomilných druhů
- **zachovalost / historická kontinuita** – pozitivní vliv, málo: např. Horsák et al. 2007, Horsák et al. 2012
- **vlastnosti substrátu** – relativně málo studií: Hermida et al. 1995; Nekola 2003

# Vliv vápnicku

- pozitivní vliv na abundance i počet druhů, málo nebo chybí acidofilní druhy



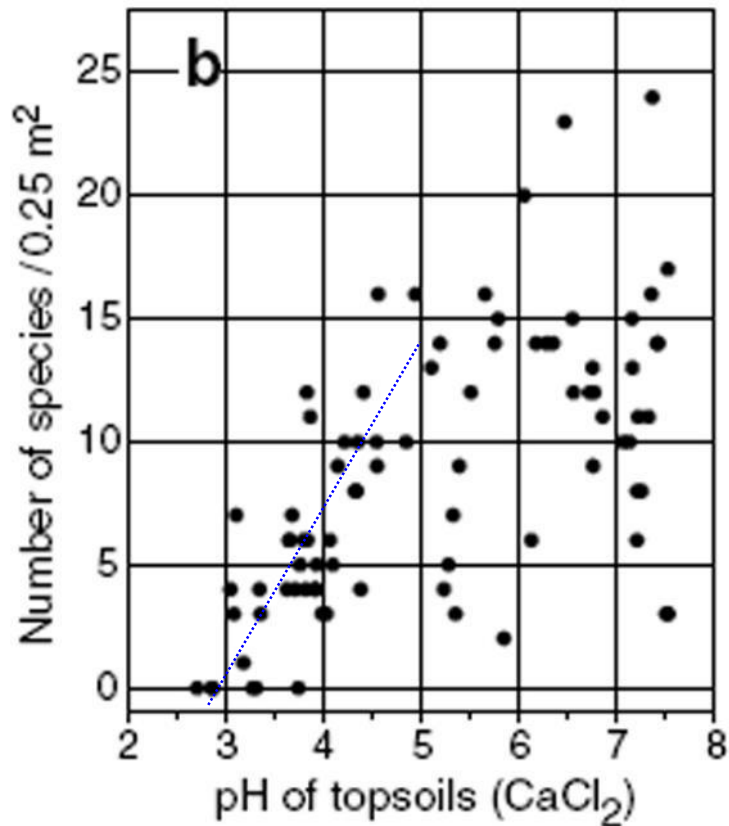
pH půdy

(středně vlhké lesy jih.-záp. Německa, Martin & Sommer, 2004)

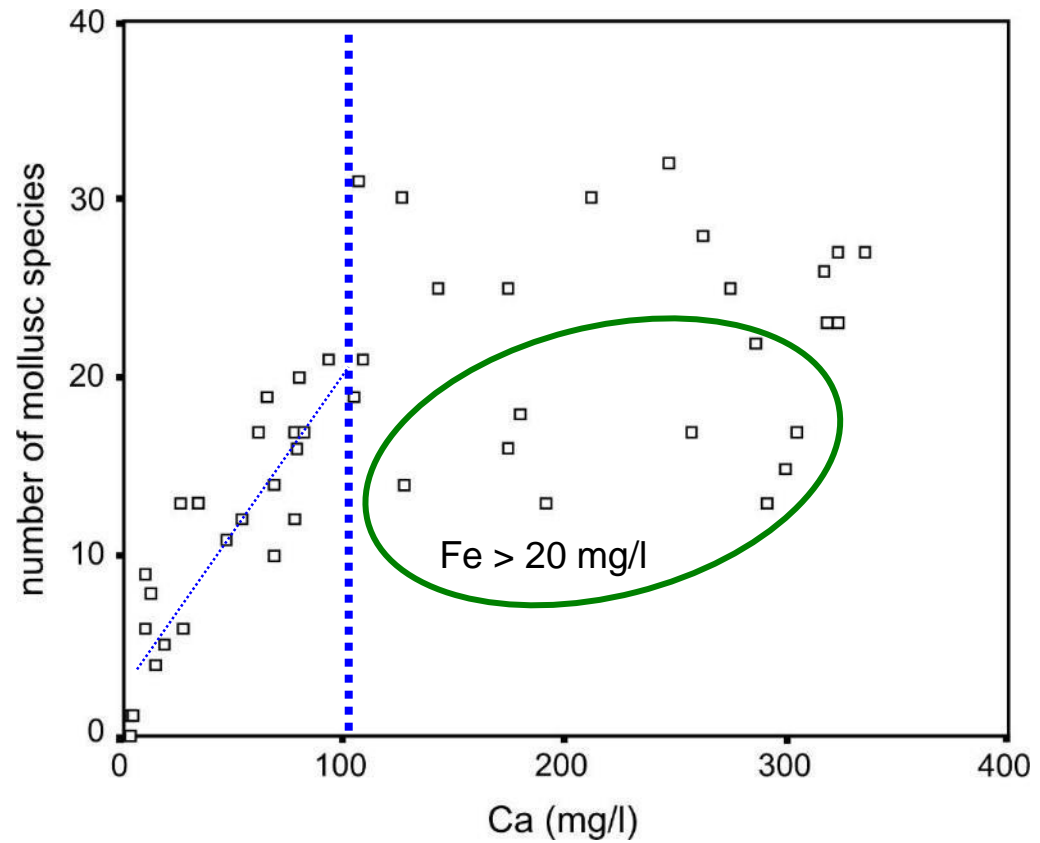


# Vliv vápníku

- úzká vazba pouze na vápníkem chudých stanovištích (limitující faktor)



(Martin & Sommer, 2004)

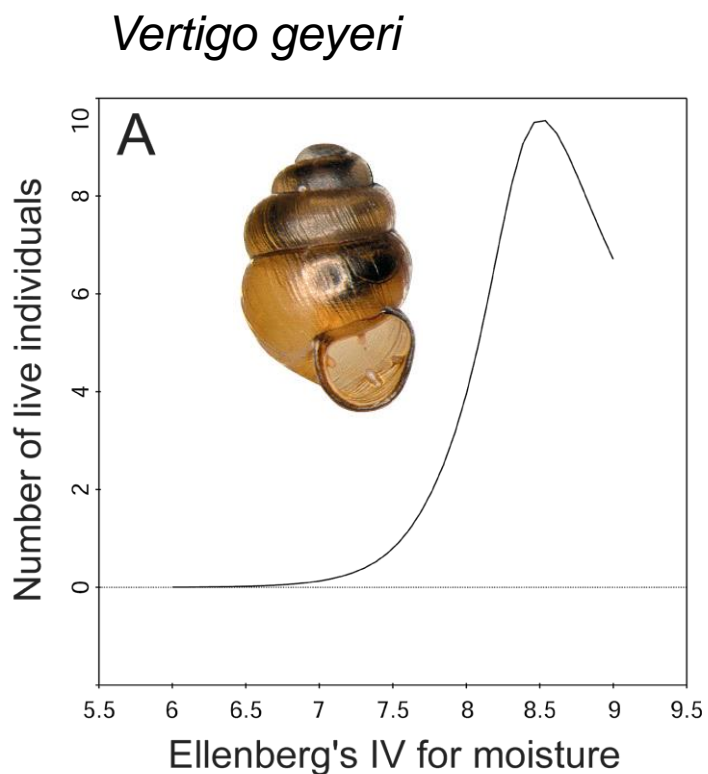


(Horsák & Hájek, 2003)

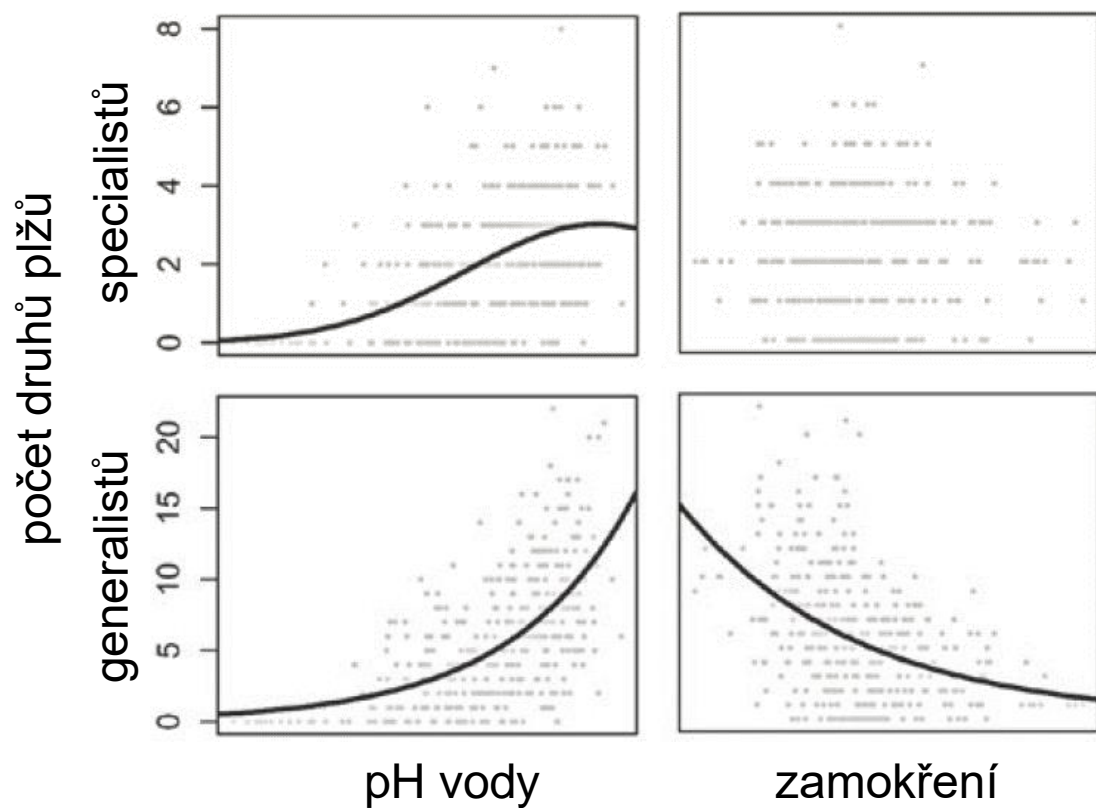
# Vliv vlhkosti



373 zachovalých slatinišť Evropy



(Schenkova et al. 2012)



(Horsáková et al. 2018a)

# Rychlost aktivního šíření: rekordy



cm

- nízká mobilita, aktivní pohyb omezený (vazba na stanoviště)
  - *Achatina fulica*: 1,5 (dospělci) až 8,3 m (juvenilové) za den (Tomiyama & Nakane 1993)
  - *Cepaea nemoralis* a *Arianta arbustorum*: 50-100 cm za den, 5-20 m za rok (viz Baur & Baur 1993)
  - *Punctum pygmaeum*: cca 5 cm za 12 hodin (Baur & Baur 1988)
  - *Chondrina clienta*: 88-264 cm za rok (Baur & Baur 1995)
- rychlost souvisí s velikostí těla (drobní – velmi neefektivní)
- běžný „homeing“, ale spíše na úrovni druhu (disperze nižší)



20



2,5



0,1



0,6



*Limacus flavus*

# Možnosti pasivního šíření

- hydrochorně (plovoucí dřeva či ostrůvky, porézní horniny)
- anemochorně (na listech, tornáda)
- exozoochorně (ptáci, savci, obojživelníci, vodní hmyz)

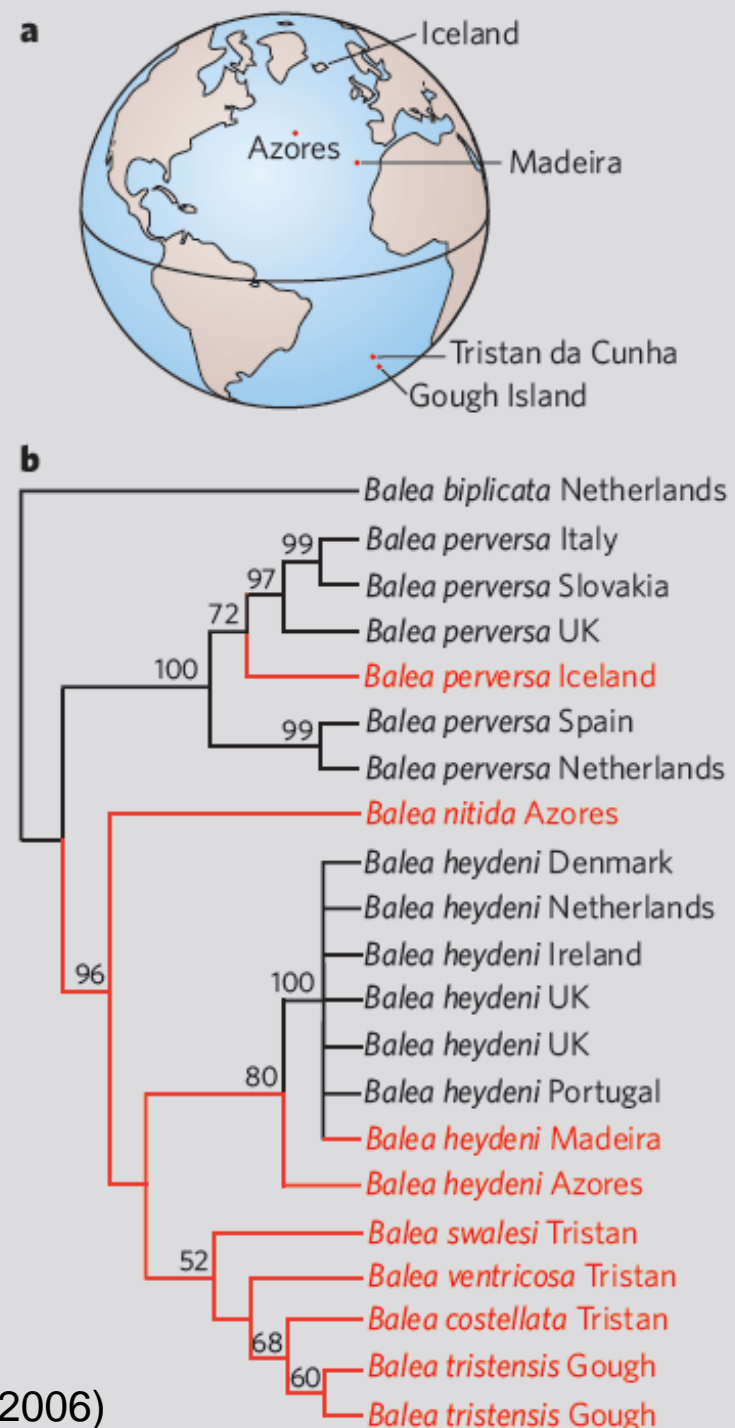
*Balea sarsii* (= *B. heydeni*)



“Pride Comes Before the Fall”  
Marcus Gheeraert (1597)



(Gittenberger et al. 2006)



# Možnosti pasivního šíření

*Hypsipetes amaurotis* (bulbulčík japonský)

- když plži prochází žaludkem (Wada et al. 2012)



*Zosterops japonicus* (kruhoočko japonské)



plži *Tornatellides boeningi* v exkrementech

# Možnosti pasivního šíření

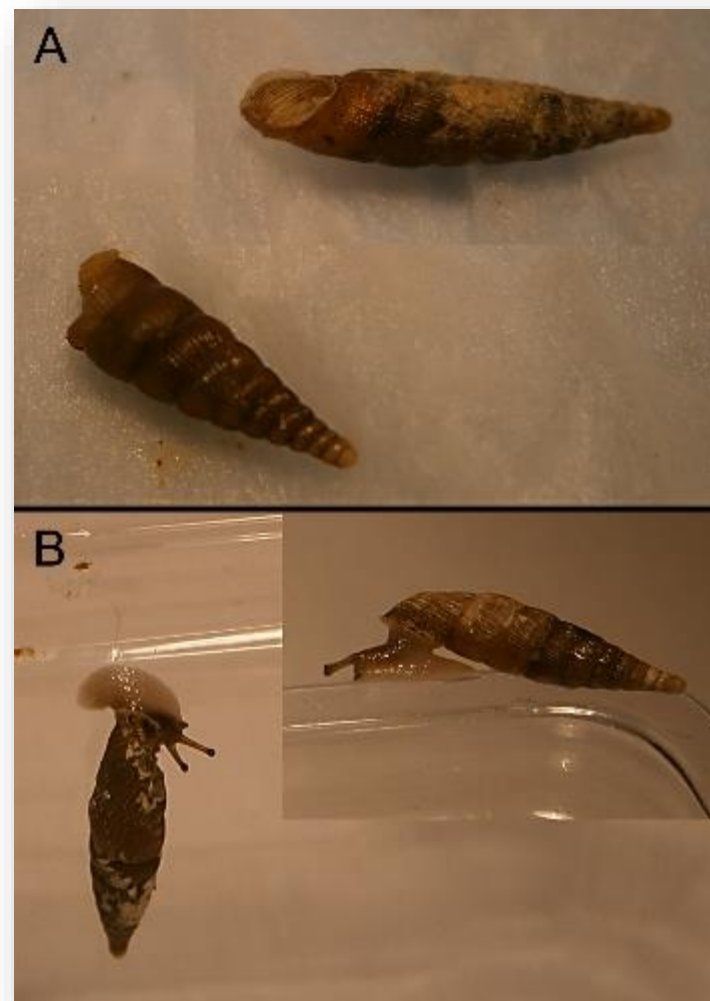
- když plži prochází žaludkem – experimentálně potvrzeno i pro větší druhy

(Simonová et al. 2016)

Sumarizace výsledků úspěšného průchodu plžů zažívacím traktem našich běžných druhů ptáků v experimentálních podmínkách.

Group of snail species	No. of snails offered to birds	Fragments of shells (%)	Entire shells (%)	Live snails (%)
<i>Alinda biplicata</i> + <i>Cochlodina laminata</i>	440	1.4	3.0	1.8
<i>Discus rotundatus</i>	140	0.0	0.7	0.7
<i>Vertigo</i> + <i>Carychium</i>	140	0.0	0.0	0.0
Total of all snails	720	0.8	2.0	1.3

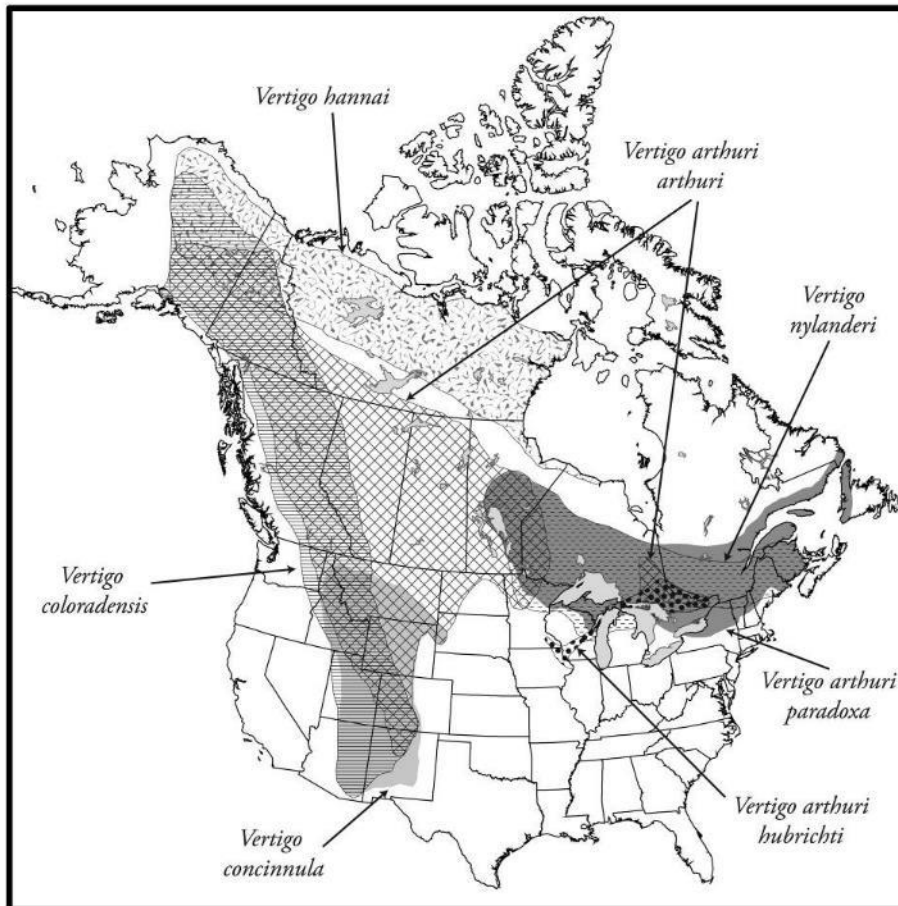
Jedinci vřetenatky obecné (*Alinda biplicata*), kteří prošli zažívacím traktem drozda a holuba.



# Biogeografické důsledky pasivního šíření

- velké areály drobných druhů – holoarktické universum

tyto ulity jsou menší než 2,3 mm



(Nekola 2011, in litt.)

*Vertigo arthuri*  
*arthuri*



*Vertigo arthuri*  
*hubrichti*



*Vertigo arthuri*  
*paradoxa*



*Vertigo nylanderi*



*Vertigo hannai*



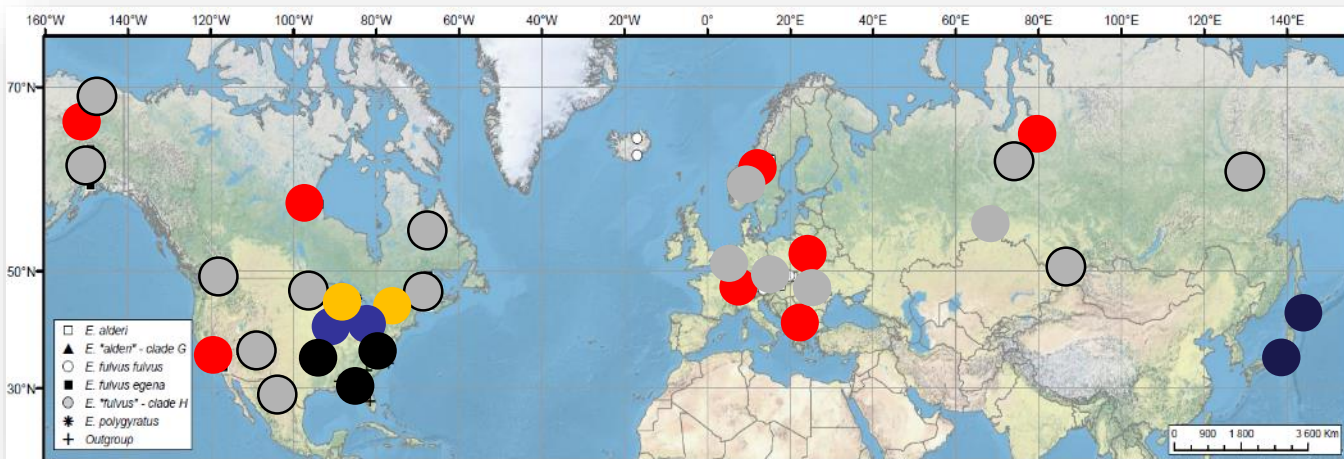
*Vertigo concinnula*



# Kontinuální holarktický areál



- v případě kontinuálního výskytu vhodných podmínek – kuželík drobný (*Euconulus fulvus*)



*Euconulus*

*alderi*

*f. fulvus*

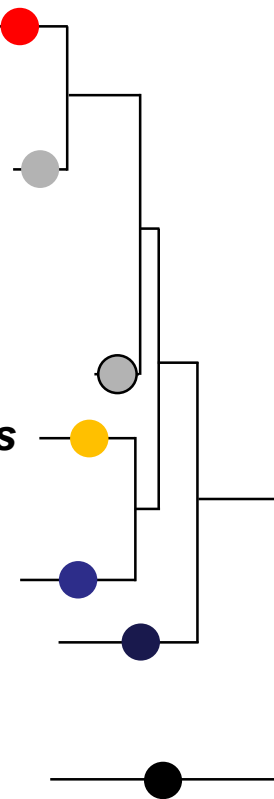
*f. egena*

*polygyratus*

“*fresti*”

“*fulvus*”

out group





# Alopatrická speciace vlivem malé disperze velkých druhů

- v jihovýchodní USA téměř každý plž s ulitou nad 1 cm je endemitem jednoho horského pohoří



*Ashmunella angulata*  
Chiricahua Mountains



*Ashmunella proxima*  
Chiricahua Mountains



*Ashmunella hebari*  
Big Hatchet Mountains



*Ashmunella mogollonensis*  
Mogollon Mountains



*Ashmunella cockerelli*  
Mimbres Mountains



*Ashmunella rhyssa*  
Sacramento Mountains



*Ashmunella townsendi*  
Nogal Peak



*Ashmunella pseudodonta*  
Capitan Mountains

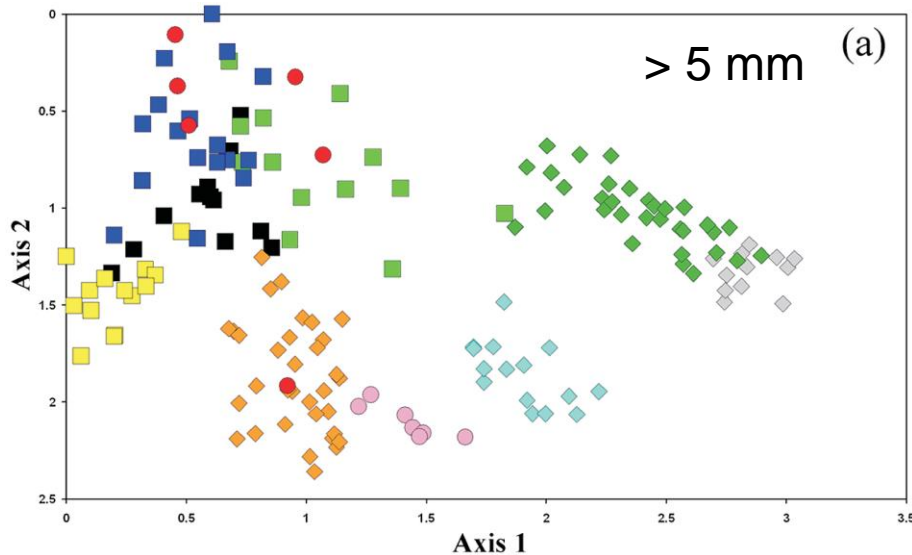


*Ashmunella ashmuni*  
Jemez Mountains

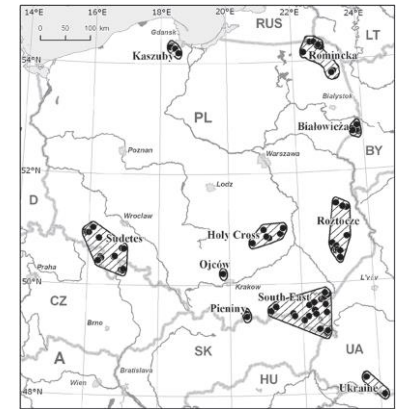


# Biogeografické důsledky pasivního šíření

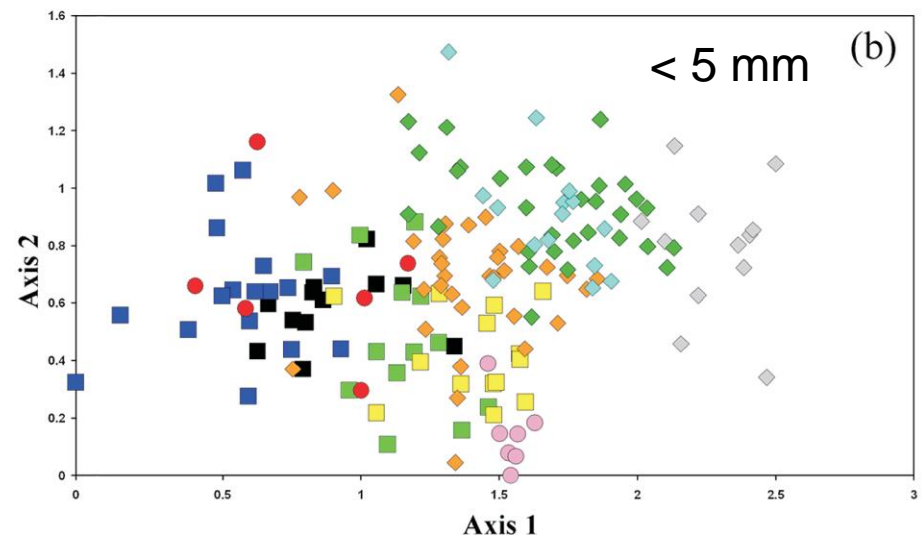
- s velikostí těla roste endemismus a biogeografický signál, malé druhy mají velké areály – hlavní jsou „niche-base processes“, fyziologická tolerance chladu



(Cameron et al. 2010)



- DCA společenstev lesních plžů Polska, zvláště pro velké a malé druhy (symboly jsou označeny jednotlivé regiony)



# Novodobé možnosti pasivního šíření

- transport s člověkem (Dörge et al. 1999 – review, Aubry et al. 2006)
- *Cornu aspersum* a *Helix lucorum* v Praze (Juříčková & Kapounek 2009, Peltanová et al. 2012)



*Cornu aspersum*



*Helix lucorum*

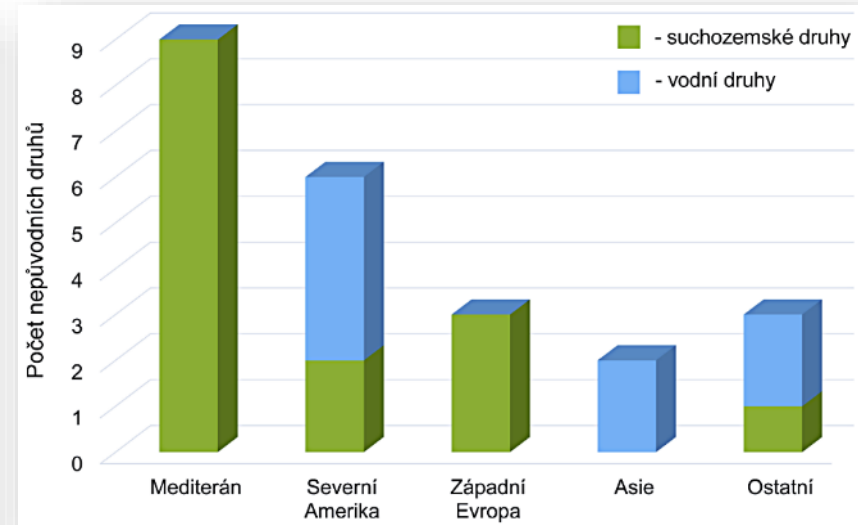
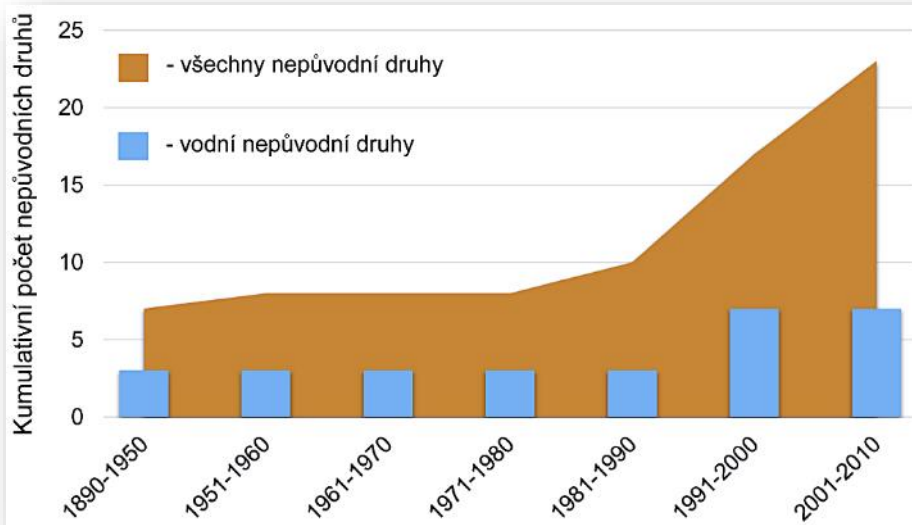


# Nepůvodní druhy

- 23 druhů, 12 hojných
- 8 vodních, z nich 3 mlži
- 15 suchozemských plžů



(Horsák 2018)

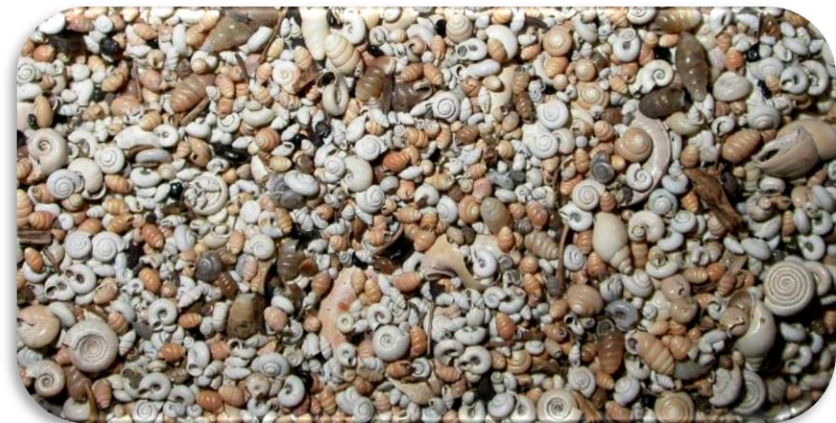


# Měkkýši jako modelová skupina v paleoekologii

---

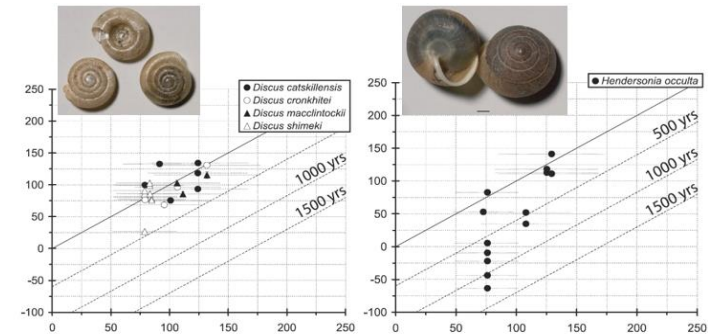
- schránka umožňuje spolehlivé a relativně **snadné určování do druhové úrovně** a možnost **počítání jedinců** – odhad abundancí
- zachování vyžaduje **vysoký obsah karbonátů** v sedimentech
- ve vysokých počtech ve spraších, pěnovcích a váp. sutích
- nálezy z **širokého spektra nadmořských výšek** (od nivních hlín až po horské jeskyně ve vápencových pohořích)
- autekologie, historie šíření a současné rozšíření středoevropských druhů je dobře známé
- detailně rozpracované využití v kvartérní ekologii – rekonstrukce vývoje přírody (také např. rekonstrukce paleoteploty)
- ukazují **lokální podmínky a sukcesní stádium** stanoviště

*Výplav sedimentu  
pěnovcového mokřadu.*

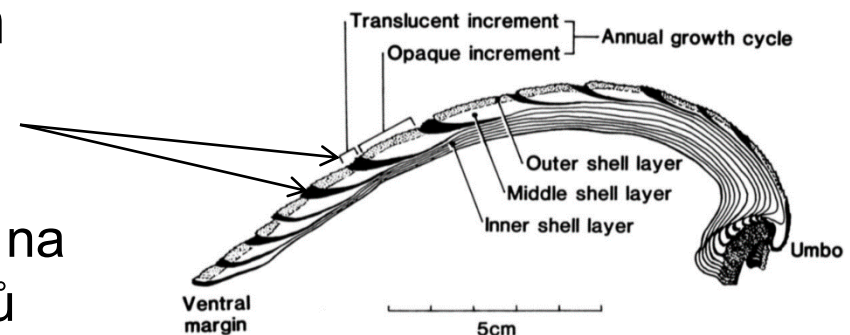
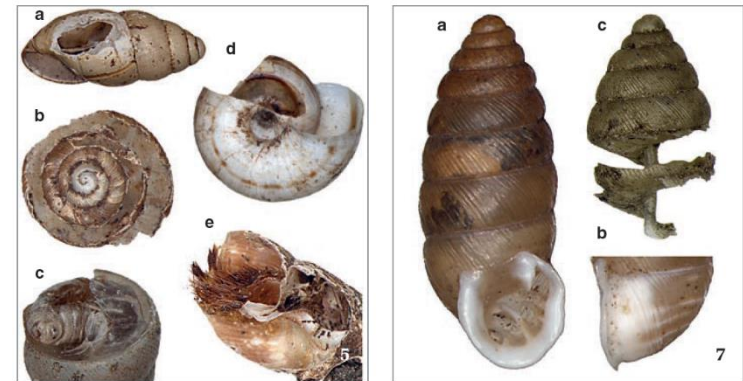


# Schránka jako mnohostranný archiv

- obsahuje uhlík – radiokarbonové datování (některé druhy poskytují přesnější výsledky)
- obsah stabilních izotopů  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  v ulitách odráží klimatické podmínky
- specifická poškození schránek odhalují predaci a dokonce i typ predátora, který plže ulovil
- změna poměru  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ukazuje: teplotní změny (i během sezóny) – nižší koncentrace  $^{18}\text{O}$  v teplejších podmínkách (indikováno průhlednou vrstvičkou)
- klimatická rekonstrukce glaciální teploty na základě současných klimatických nároků

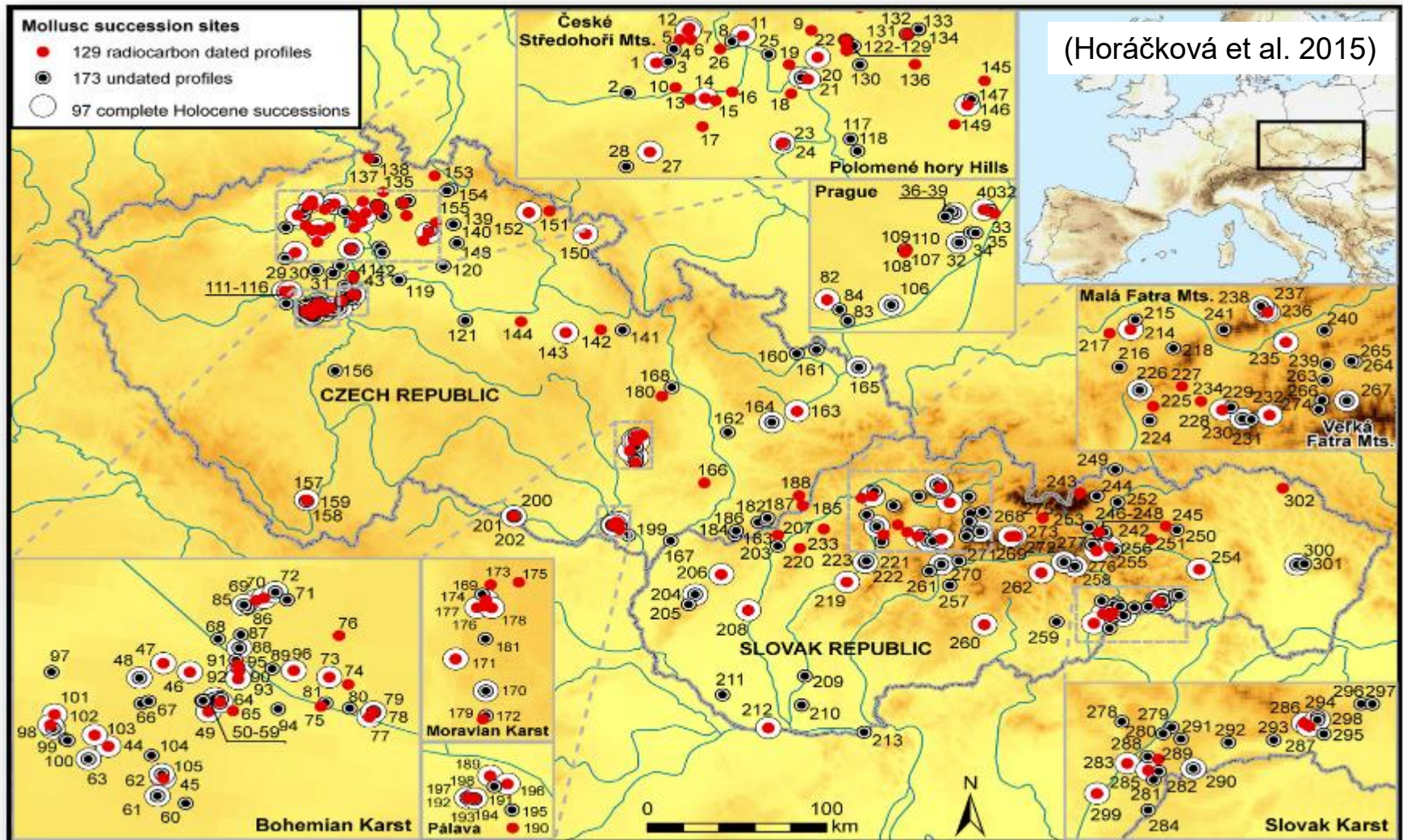


*$\delta^{14}\text{C}$  v ulitě a potravě žijících plžů – čím více pod plnou čarou, tím více přijímal anorganický uhlík.*



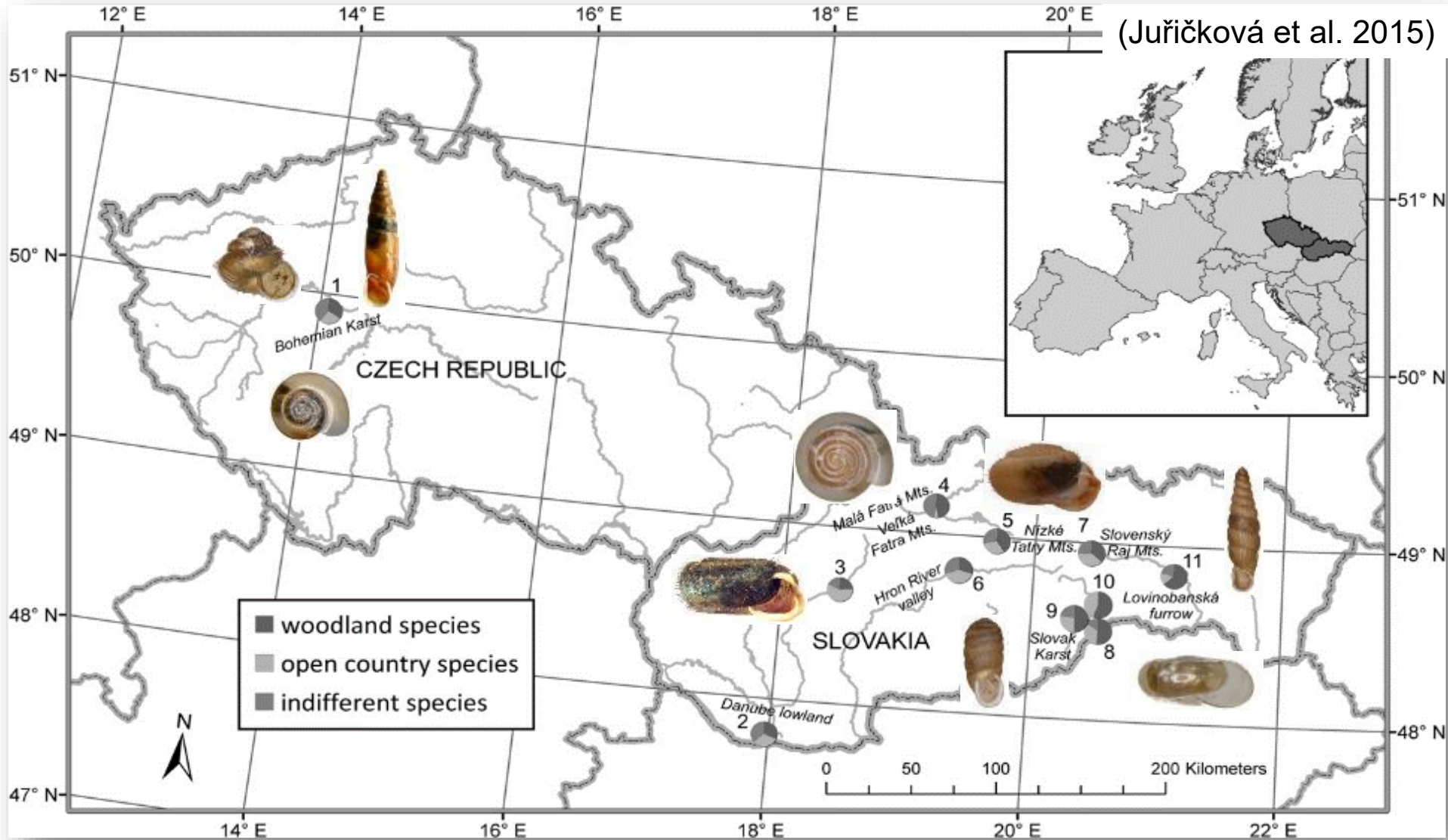
# Měkkýši jako modelová skupina v paleoekologii

- pozice 330 holocenních profilů na území ČR a SR (naprostá většina zpracována V. Ložkem); aktuálně evidováno 370 profilů



# Refugia lesní malakofauny – zdrojové populace

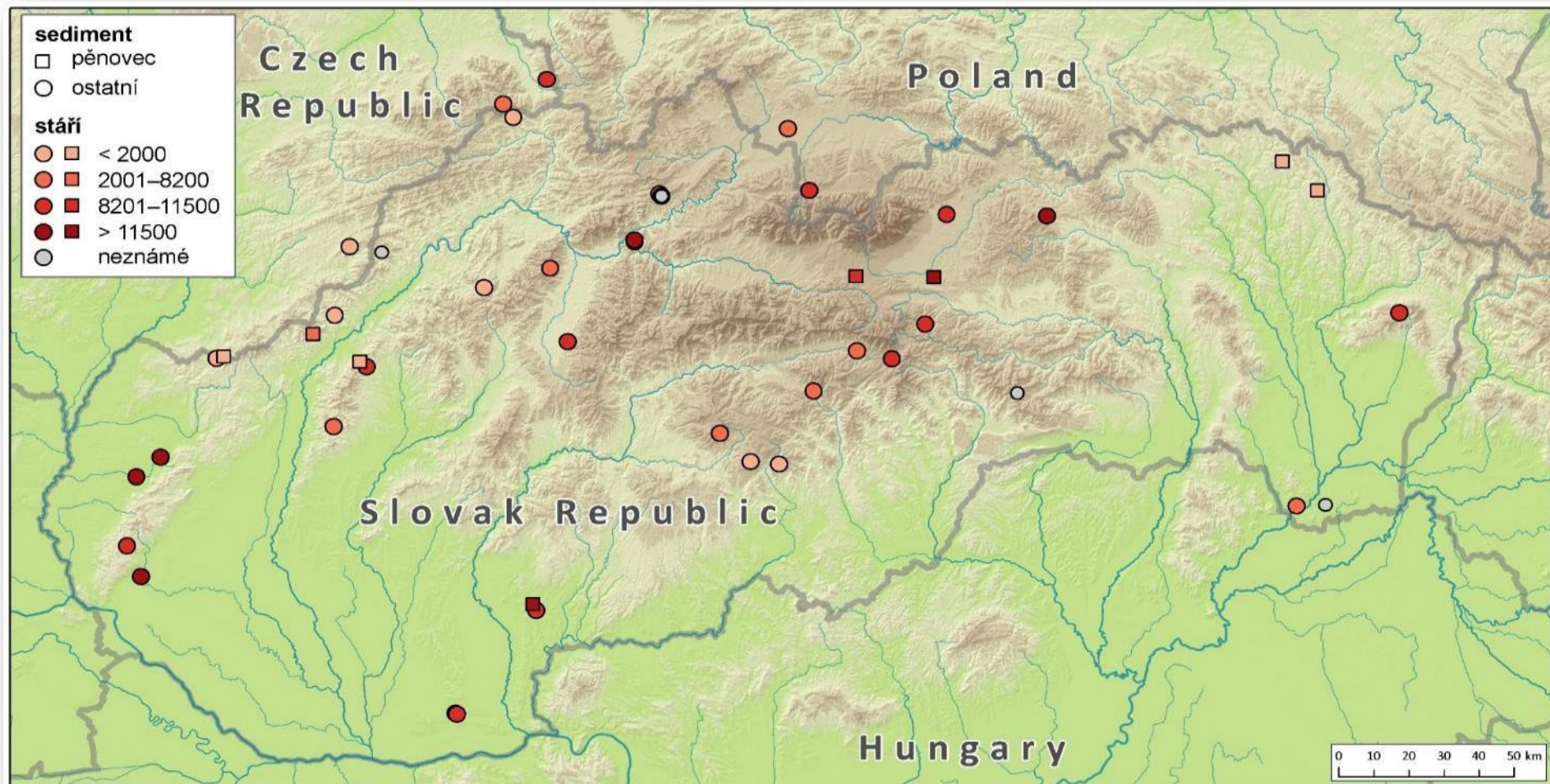
- přežívání lesních druhů v LGM (20 druhů v 11 profilech)





# Paleo-data ze Západních Karpat za 17 tis. let

- profily pozdně glaciálního a holocenního stáří
- celkem 50 profilů ze 45 lokalit: pyl, makrozbytky, měkkýši (pěnovce), ojediněle i pakomáři a krytenky

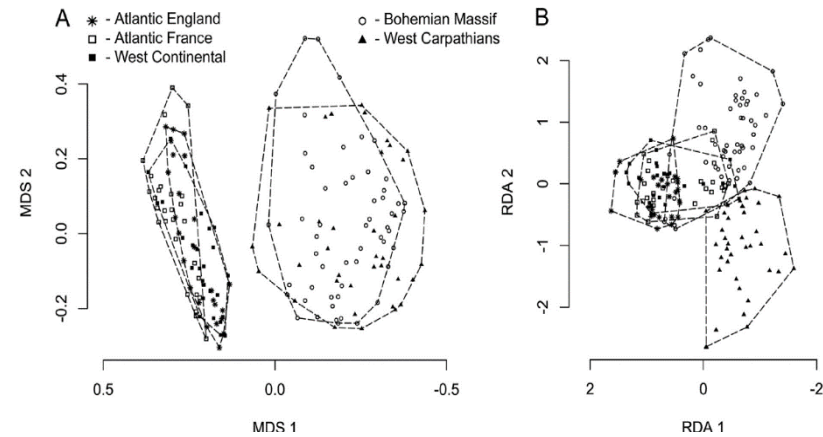
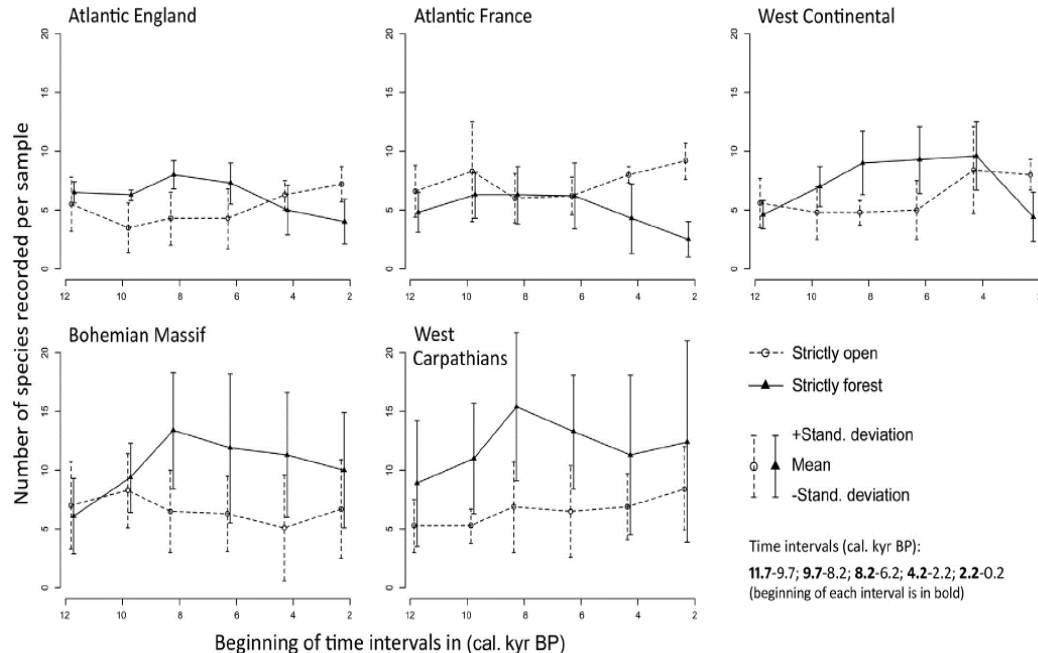
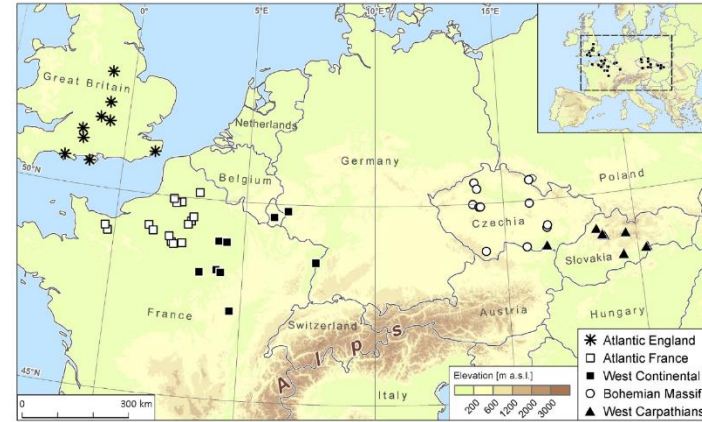


# Odběr sedimentu: vrtání a kopání



# Vývoj holocenní bioty mírného pásu – ukončený projekt

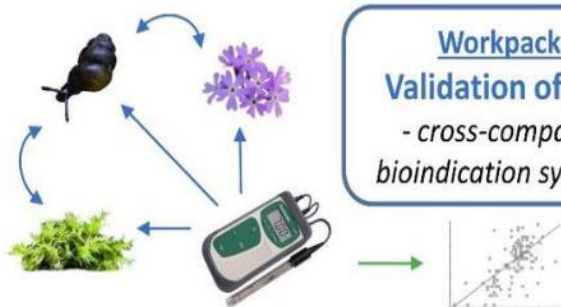
- analýza změn diverzity v 54 „nejlepších“ holocenních profilech přes V-Z gradient (Horsák et al., 2019, Palaeo3)
- vývoj odráží pozici glaciálních refugií lesních druhů plžů na východě a topografickou / geologickou pestrost regionů
- úbytek lesních druhů v druhé polovině holocénu odráží vyšší vliv člověka v nížinách a rovinnatých územích



**Výrazný rozdíl je v druhovém složení mezi kontinentální a oceánickou Evropou během celého holocénu; po korekci variability na rozdíly mezi regiony v sedimentologii vychází zcela odlišné pouze Karpaty.**

# Ohroženost evropských slatinišť – běžící projekt

- zjistit zda a jakými mechanismy ovlivňuje variabilita klimatu biologickou pestrost slatinišť
- zda antropické disturbance zhoršují nebo zmírňují vliv klimatických změn ve střední Evropě



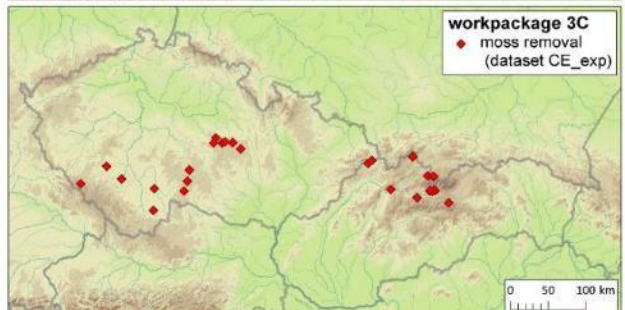
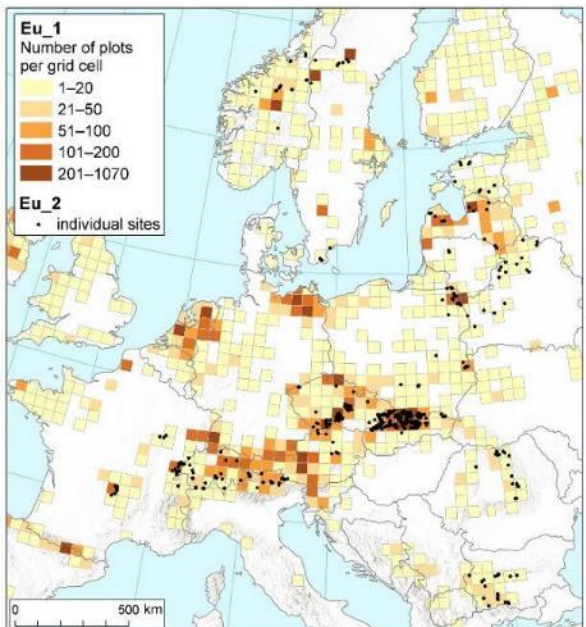
**Workpackage 1** (for data see Table 2)  
**Validation of new bioindication system:**  
- cross-comparison between our and others bioindication systems and direct measurements



**Workpackage 2** (see Table 1)  
**Climate effects tested on European scale:**  
- three key hypotheses developed based on our previous research at regional scales

**Workpackage 3** (see Table 3)  
**How local factors mediate climate effects:**  
- buffering effects of local hydrology  
- mitigating effects of management practices

**local** – **regional** – **European scale**

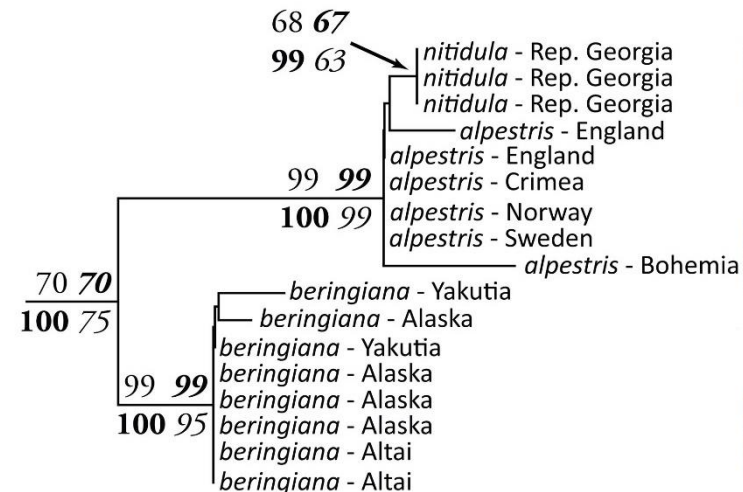
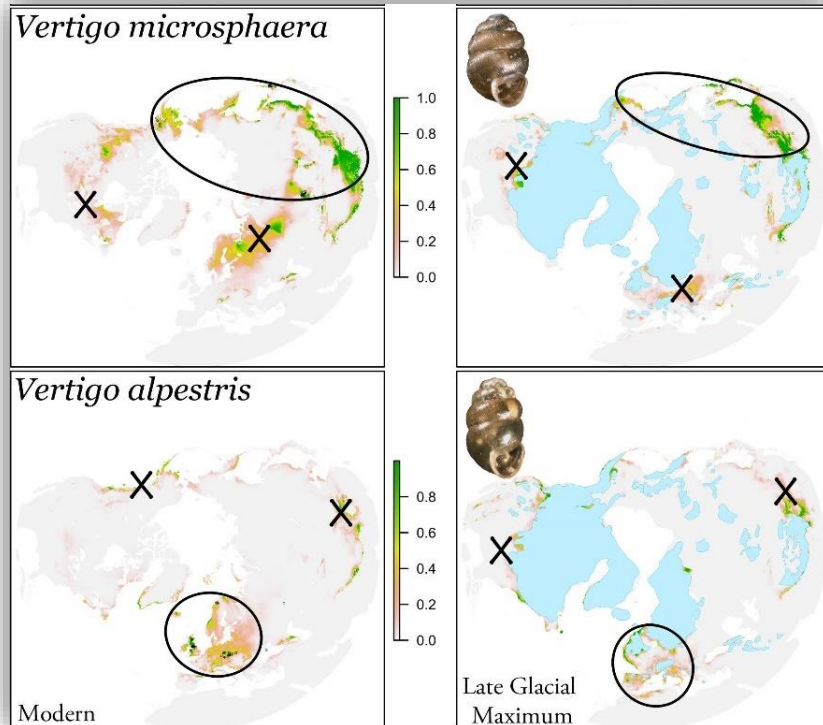
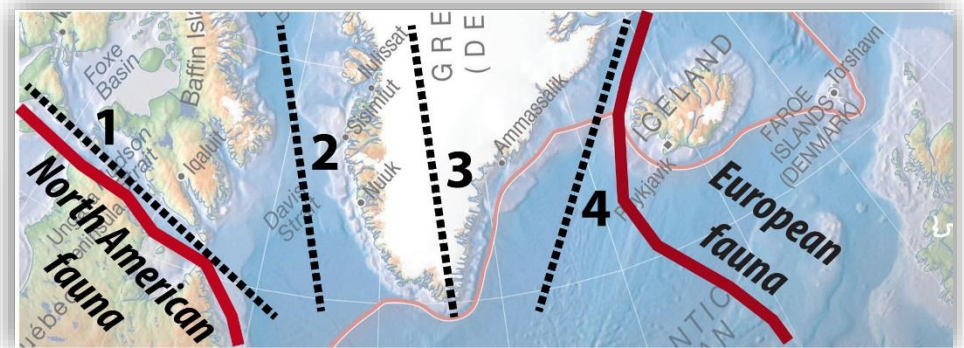


# Diverzifikace boreálních plžů – začínající projekt

- hledat a otestovat geografické bariéry šíření suchozemských plžů pře severní Atlantik
- testovat hypotézy vztahující se k pozici a povaze LGM bariér šíření



doc. Jeffrey C. Nekola (USA)



- ekologie současných společenstev a druhů různých stanovišť
  - jejich fylogeografie, rozšíření, nároky, ochrana
- ✓ Fylogeografické metody pro pochopení rozšíření suchozemských plžů
- ✓ Pohybová aktivita a „homeing“ suchozemských plžů
- ✓ Hrady/bunkry jako vnitrozemské ostrovy suchozemské malakofauny
- ✓ *Ekologické nároky sladkovodních měkkýšů v kontextu střední Evropy*
- ✓ *Role padlého dřeva v ochraně ohrožených lesních plžů*
- ✓ *Potravní nároky a specializace suchozemských plžů*
- paleoekologie:
  - regionální vývoj za posledních 12 tis let
  - rekonstrukce krajiny na regionální úrovni
  - šíření druhů, jejich ekologické nároky a výpovědní hodnota
- ✓ Schopnost suchozemských plžů indikovat klimatické změny
- ✓ Rekonstrukce paleoklimatu pomocí měkkýšů
- ✓ Rekonstrukce kolísání vlhkosti pomocí fosilních měkkýšů
- ✓ Holocenní vývoj malakofauny pramenných pěnovců