

Motýli jako duchové mamutí stepi

XII. Lepidopterologické kolokvium
31. ledna 2019

Alena Bartoňová, Jana Marešová, Martin Konvička & Zdeněk Faltýnek Fric



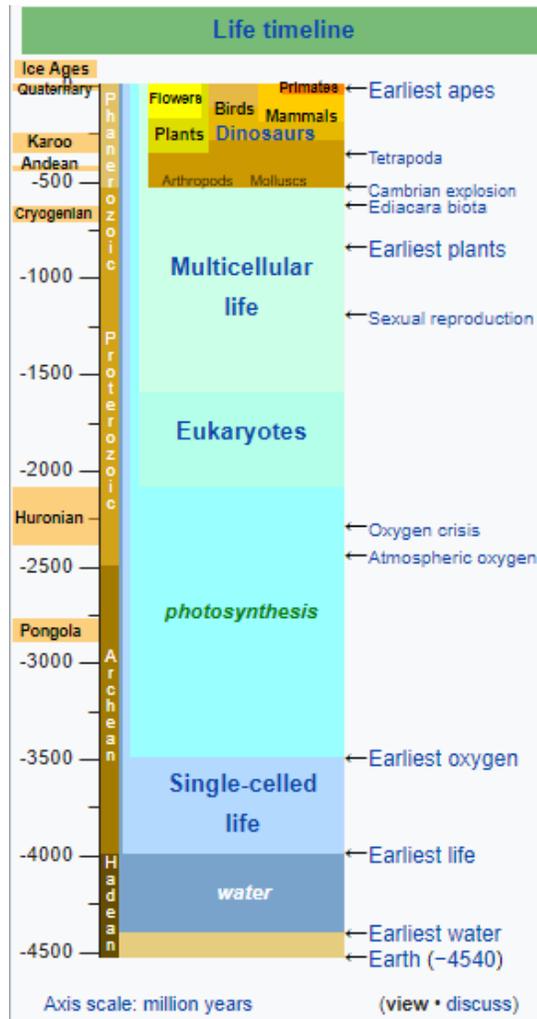
Přirodovědecká
fakulta
Faculty
of Science

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

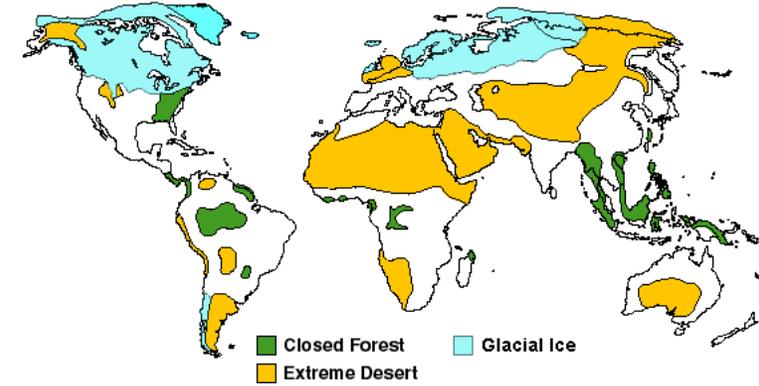
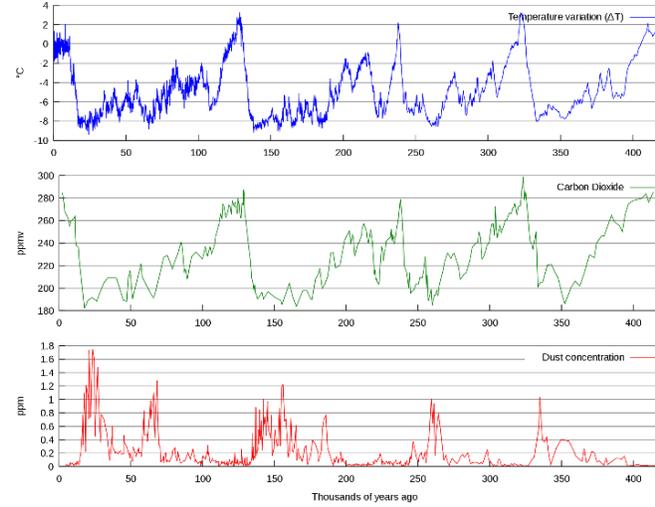


BIOLOGICKÉ
CENTRUM
AV ČR, v. v. i.

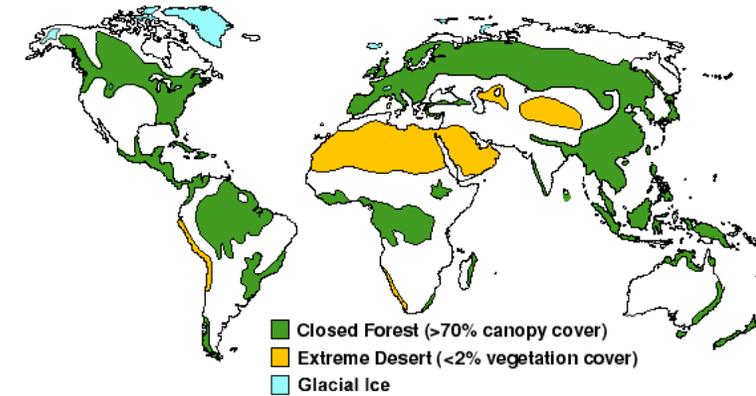
Čtvrtohory: období stálé změny



Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Quaternary	Holocene	U/L, M, L/E	present, 0.0042, 0.0092, 0.0117
	Pleistocene	Upper	0.126
		Middle	0.781
Calabrian		1.80	
Neogene	Pliocene	Gelasian	2.58
		Piacenzian	3.600
		Zanclean	5.333
	Miocene	Messinian	7.246
		Tortonian	11.63
		Serravallian	13.82
		Langhian	15.97
		Burdigalian	20.44
		Aquitanian	23.03
		Chattian	27.82
Oligocene	Rupelian	33.9	



poslední glaciální maximum (-22 tisíc let)



současnost

- Doba ledová: nic nového pro Zemi: před čtvrtohorní min. 4 velké doby ledové
- Současné zalednění: od oligocénu (-34 milionů let) zalednění Antarktidy
- Počátek otevřených biotopů
- - 2.75 milionů: zalednění na severním pólu
- posledních cca 700 tisíc let: Dlouhé doby ledové (~ 90 tisíc let) a krátké doby meziledové (~ 10 tisíc let)
- I v rámci doby ledové teplejší a chladnější období
- holocén = interglaciál (začal před 11 tisíci lety)

Čtvrtohory: období stálé změny

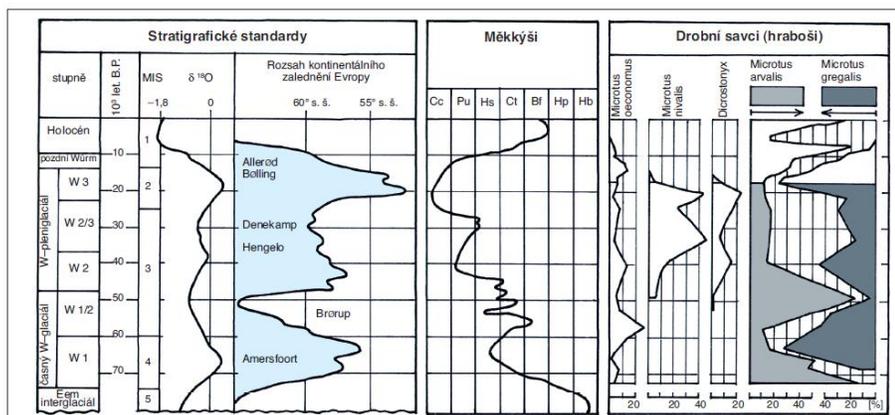
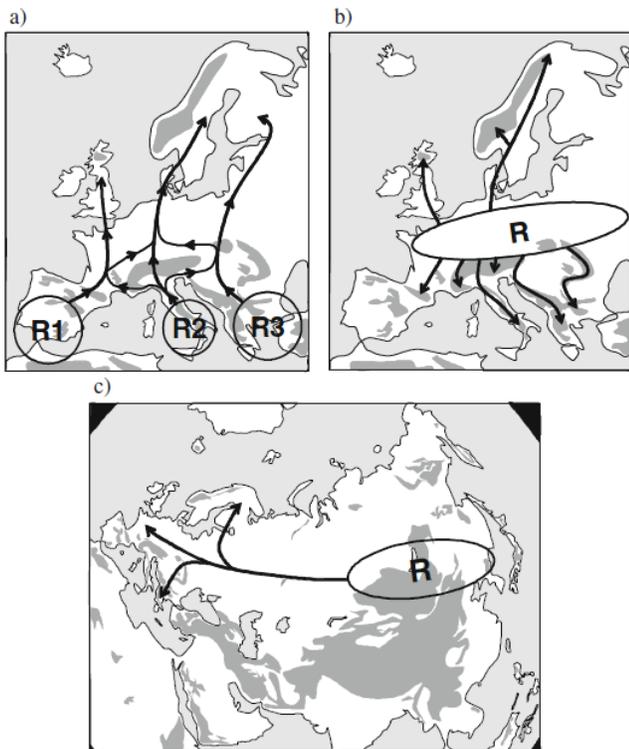
Evropa: Změny a posuny biotopů

Asie: změny nebyly tak výrazné

Evropa: posuny areálů

Střídání faun glaciální x interglaciální

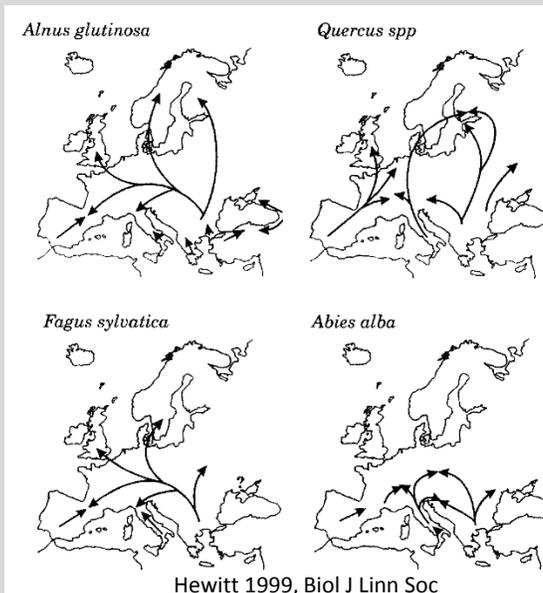
de Lattin, 1967: tři typy evropské bioty



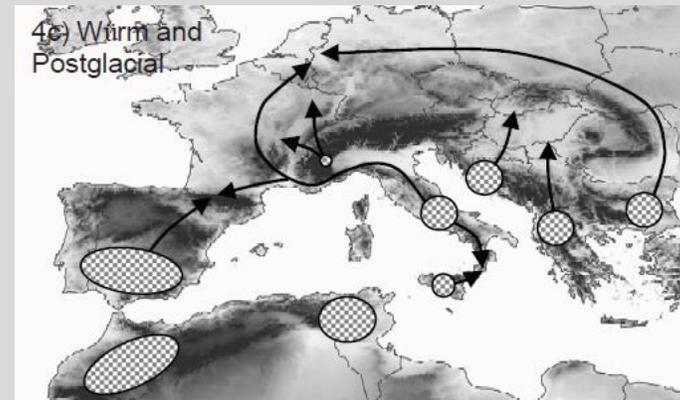
Ložek a Horáček, Živa 2/2004

Zahrnutí genetiky:

Zkoumány především teplomilné/mediteránní druhy



Hewitt 1999, Biol J Linn Soc



Habel et al. 2011, BMC Evolutionary Biology



okáč bojínkový

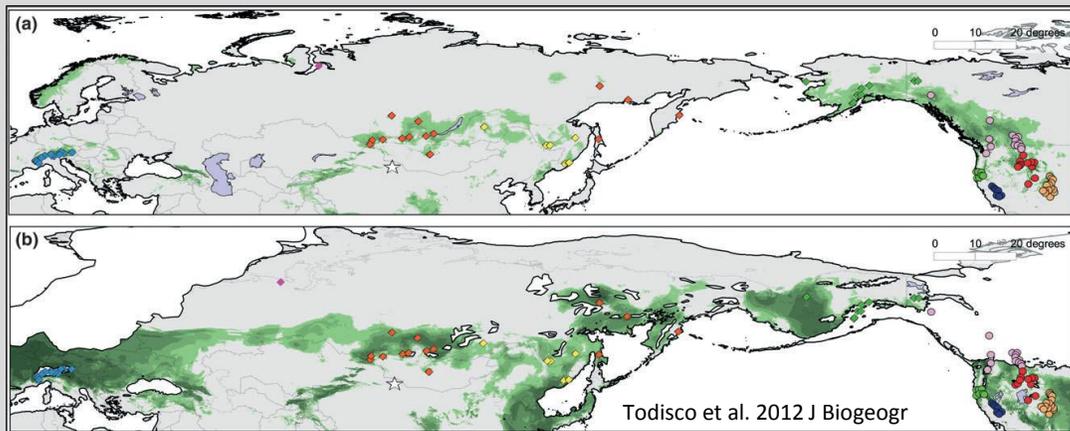
- Listnaté stromy a lesní druhy
- Ale i druhy otevřených stanovišť – travnatých ploch

Čtvrtohory: období stálé změny

Chladnomilné a horské druhy:



Parnassius phoebus



Todisco et al. 2012 J Biogeogr

Kontinentální druhy:

sensu de Lattin: příchod do Evropy z kontinentální Asie v interglaciálu

Genetika i fosilní záznamy: existuje až příliš mnoho výjimek

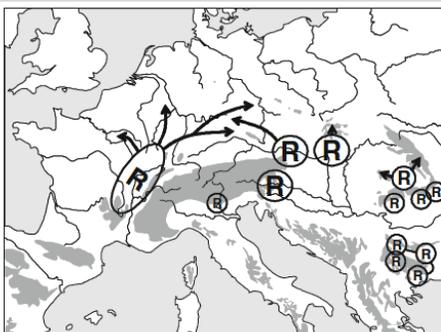
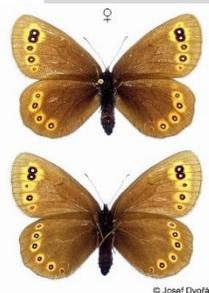
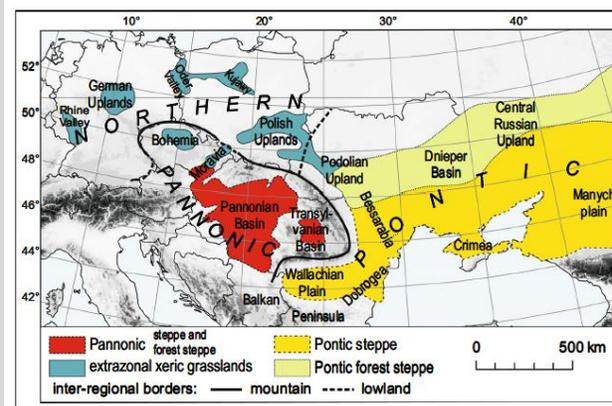


Figure 3 Possible Würm glacial distribution patterns (indicated by "R") of the butterfly *Erebia medusa* and assumed postglacial range changes (arrows). Overlapping refuge symbols or lines between them indicate possible gene flow between them during the last ice age or even a larger structured refuge area (especially in the case of Bulgaria). Redrawn after Schmitt & Selz [51], Schmitt et al. [50] and Hammoumi et al. [53].

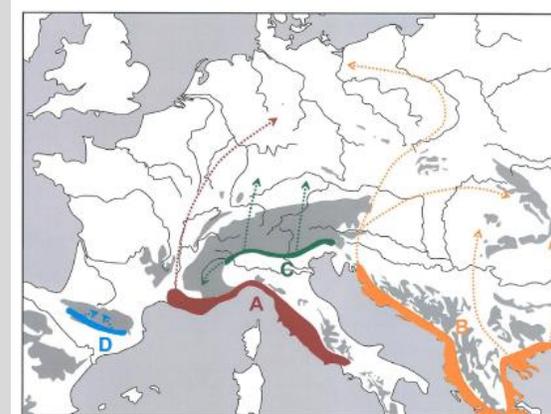


© Josef Dvořák



Legend:
 ■ Pannonic steppe and forest steppe
 ■ Northern extrazonal xeric grasslands
 ■ Pontic steppe
 ■ Pontic forest steppe
 Inter-regional borders: — mountain - - - - lowland
 Scale: 0 500 km

... i „mediteránní“ druhy mají kryptická refugia



© Josef Dvořák

Kühne et al., 2017, Scientific Reports

Figure 6. The analyses of DNA sequences of the two loci COI and CR support four Würm glacial refugia for the butterfly *Polyommatus coridon*: Adriato-Mediterranean, Ponto-Mediterranean, southern Alpine and Pyrenean. The refugia A (red) and B (orange) represent the Mediterranean refugia detected in previous publications. The refugia C (green) and D (blue) are additional extra-Mediterranean refugia. From the refugia A, B and C, major parts of Central and West Europe were colonised during the Postglacial (dotted arrows in the respective colours). Only the Pyrenean refugium D contributed little to the postglacial range expansion. Map was generated with Microsoft PowerPoint 2010.

A co teprve stepní druhy?

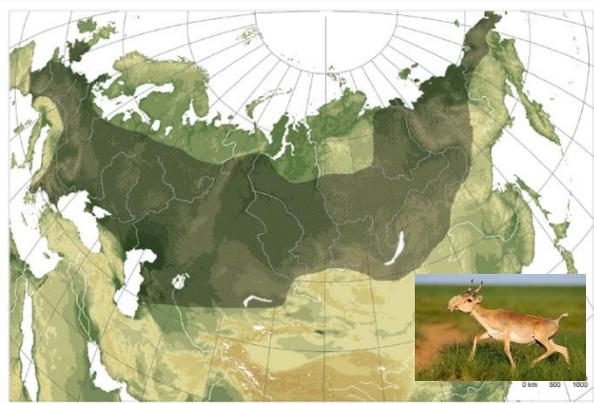
Stewart et al. 2010: V-Z gradient vlhkosti
 Stepi: „kryptická“ refugia na západě

Kajtoch et al. 2016, Biodivers Conserv:
 Izolované evropské stepní populace
 Jsou geneticky odlišné, není gradient J-S, ale ani V-Z: přežívání glaciálů i interglaciálů *in situ*

Jak to donedávna v Eurasii vypadalo?

Glaciální mamutí step: dvě fauny otevřených biotopů:
Tundra + kontinentální step
Velké množství zvěře jako ekosystémoví inženýři

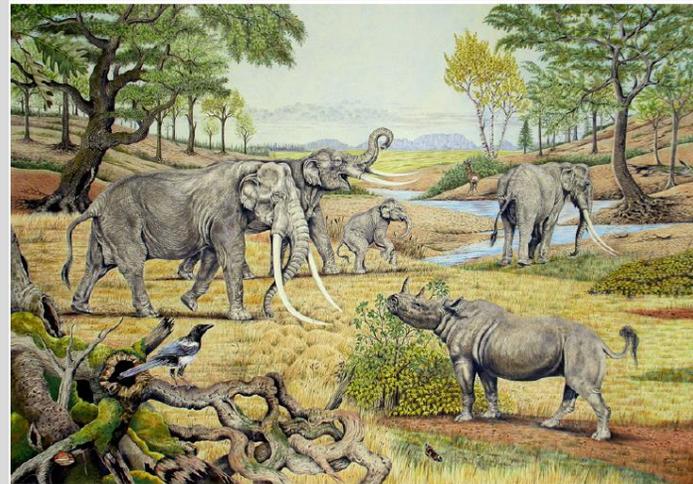
Poslední glaciální maximum



Kahlke, 2014. Quaternary Sci Rev

Předchozí interglaciály:

Druhová výměna megafauny, ale ne funkční
Krajina během předchozího interglaciálu v Německu



High herbivore density associated with vegetation diversity in interglacial ecosystems

Christopher J. Sandom^{a,b,1}, Rasmus Ejrnæs^b, Morten D. D. Hansen^c, and Jens-Christian Svenning^{a,1}

Sandom et al., 2014, PNAS

Ice-age steppe vegetation in east Beringia

Tiny plant fossils indicate how this frozen region once sustained huge herds of mammals.

Zazula et al., 2003, Nature

Rostlinné makrozbytky: pestrá vegetace



Chytrý et al., 2019, Boreas

Altajská tundrostep jako analogie mamutí stepi:
krajinná mozaika různých biotopů:
Stepi, mesické a vlhké travnaté pláně, keříčková
tundra, rašeliniště, otevřené lesy

Quaternary Science Reviews 57 (2012) 26–45



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Quaternary Science Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/quascirev



Mammoth steppe: a high-productivity phenomenon

S.A. Zimov^{a,*}, N.S. Zimov^a, A.N. Tikhonov^b, F.S. Chapin III^c

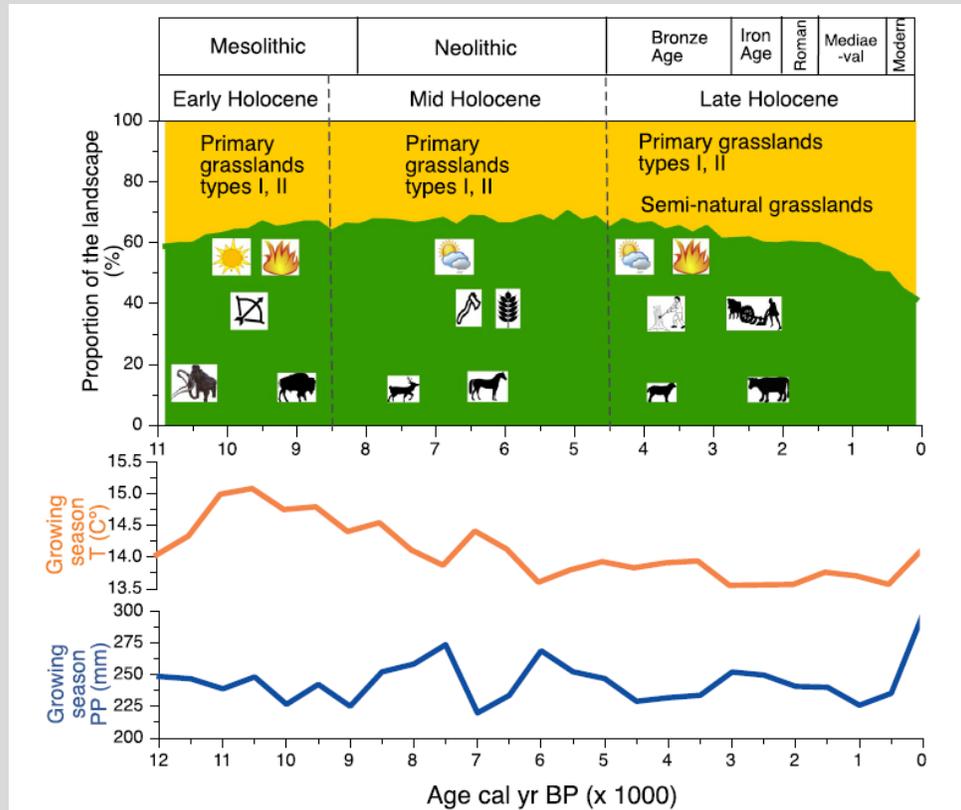
Zimov et al., 2012, Q Sci Rev

Mamutí step: produktivní, velká biomasa zvířat i rostlin
Udržení i během interglaciálů

Mamutí step: pestrý a produktivní biotop

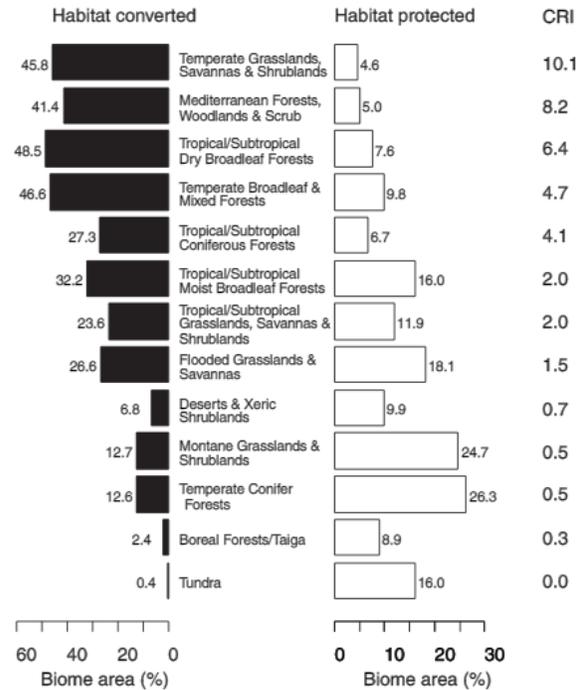
Jak to donedávna v Eurásii vypadalo?

holocén



Feurdean et al., 2018, Biol Conserv.

- Abraham et al., 2016, Preslia: pylové analýzy: vždy min. 9 % vegetace tvořily trávy
- Pokorný et al., 2015, Holocene možná se lidé usidlovali přednostně na zbytcích stepí



Hoekstra et al. 2005, Ecology Letters



- Posledních 70 let: hustý les + intenzivní pole
- Hustý les v Evropě: zcela nový typ biotopu!
- Množství druhů adaptovaných na otevřené biotopy, které znala už od oligocénu, nyní trpí

A co na to motýli?

líbilo se jim v glaciálu?

- Bez fosilií ☹️
- Můžeme porovnávat genetická data a klimatické modely (počítání klimaticky vhodných míst ze současného rozšíření)
- Zhruba datovat fylogenetické stromy pomocí sekundárních kalibrací (vypočítaných z dávných fosilií)
- A srovnávat s obratlovci, rostlinami či měkkýši

Také kombinace stepních a severských druhů?

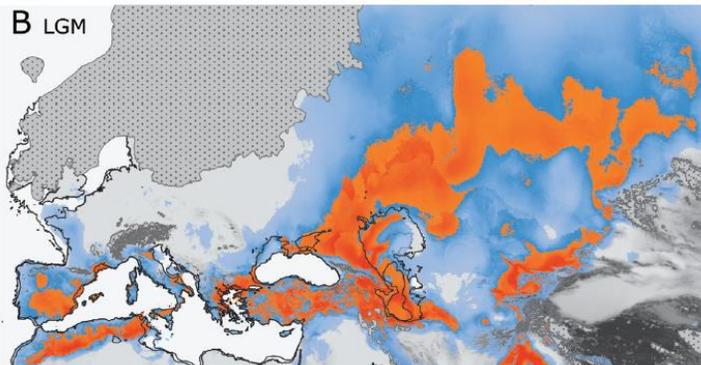
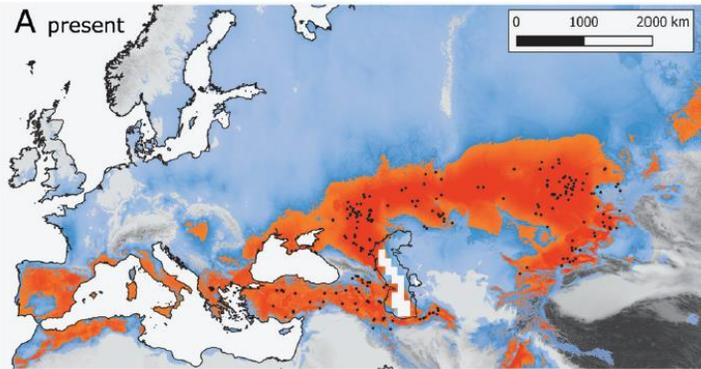
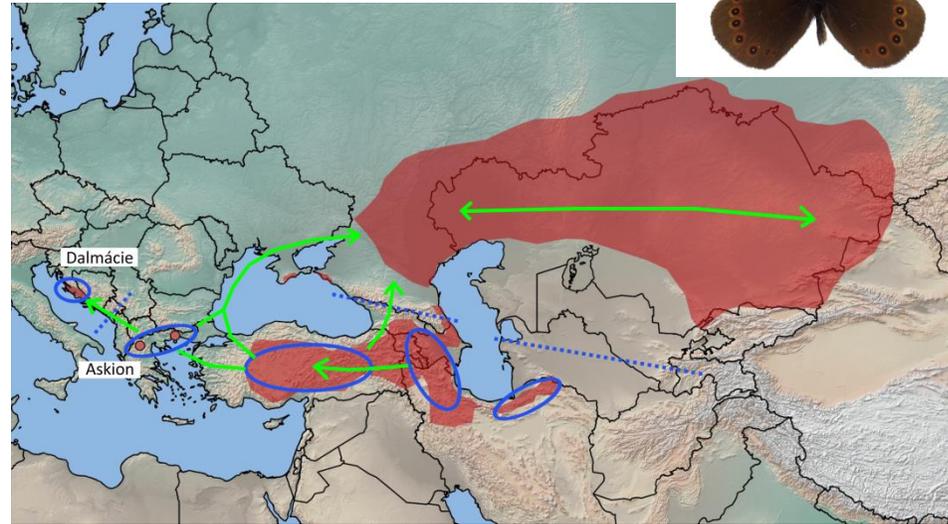


Stepní druhy

Proterebia afra (phegea)

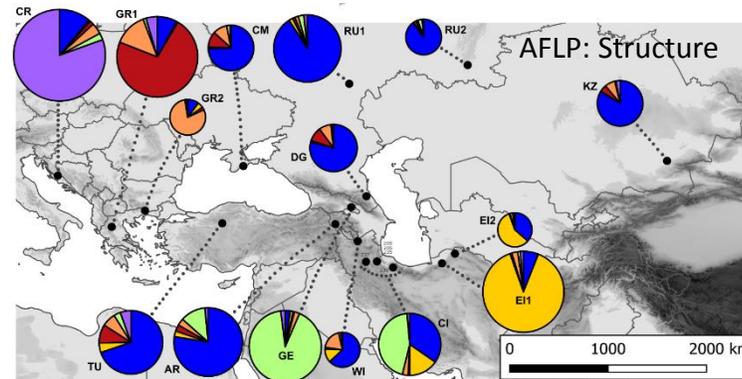


biotop v pohoří Askion, SZ Řecko

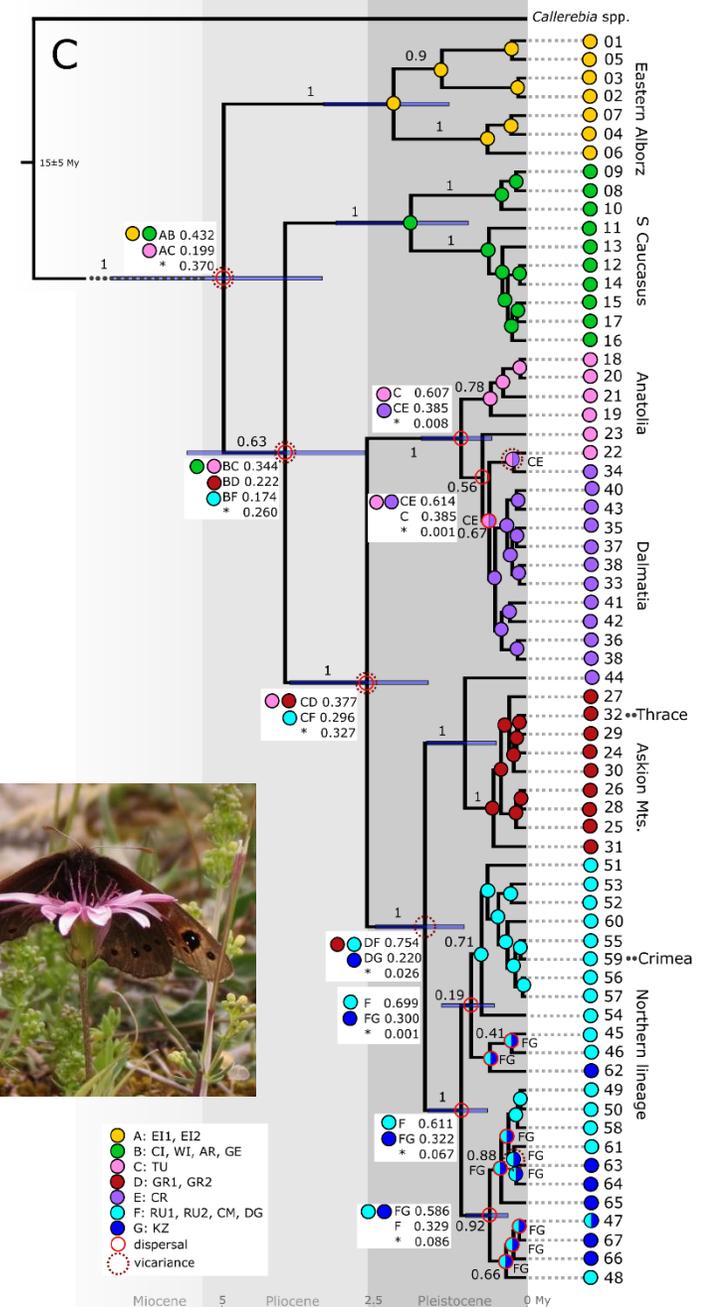


Species distribution models (MaxEnt)

- Stepní druh s reliktními populacemi na Balkáně
- Vznik na jihu a expanze na sever v době mamutí stepi: kontinuální populace
- Evropské lokality: přežívání *in situ*



Bartoňová et al., 2018, Biol J Linn Soc
Bartoňová et al., Živa 1/2019



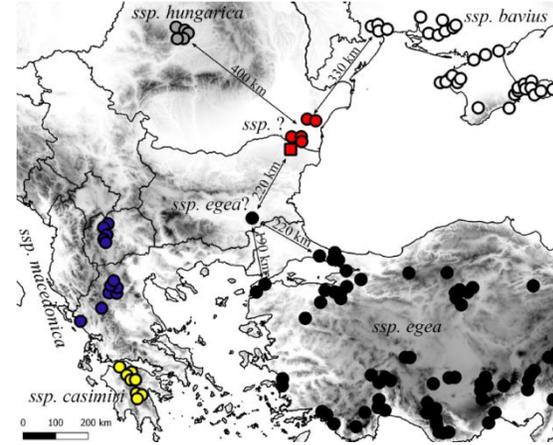
Bayesian inference tree (BEAST): COI
Dispersal-extinction-cladogenesis biogeografický model

Stepní druhy

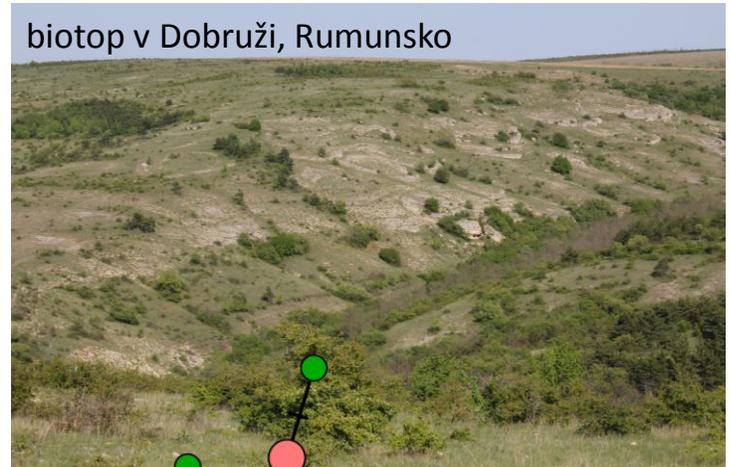
Pseudophilotes bavius



biotop v pohoří Askion, SZ Řecko



Rákosy and Weidlich, 2017, *Entomologica romanica*



biotop v Dobruži, Rumunsko



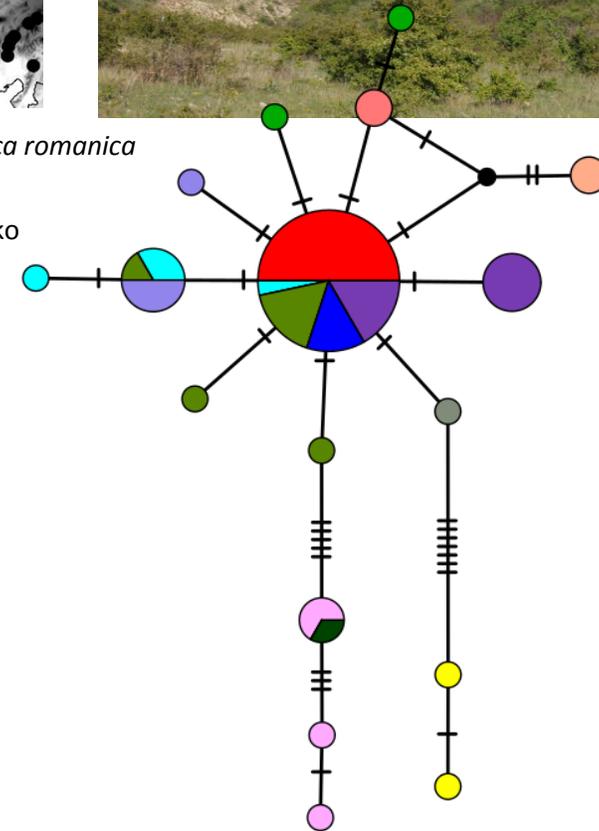
- Rozšíření: vzácný a lokální
- pravděpodobně velký vliv mikrohabitatu
- Opět bazální jižní populace (Irán, Arménie, Turecko)
- severní + evropské propojeny:
- „roztříštění nedávné“



Bayesian inference tree (BEAST): 5 genů

P. fatma: Maroko + Alžírsko
Iran
Turkey + Armenia

Evropa + Rusko + Kazachstán



Haplotypová síť (COI)

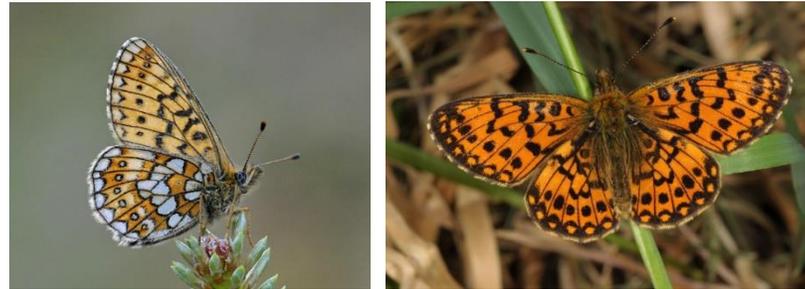


Boreomontánní druhy



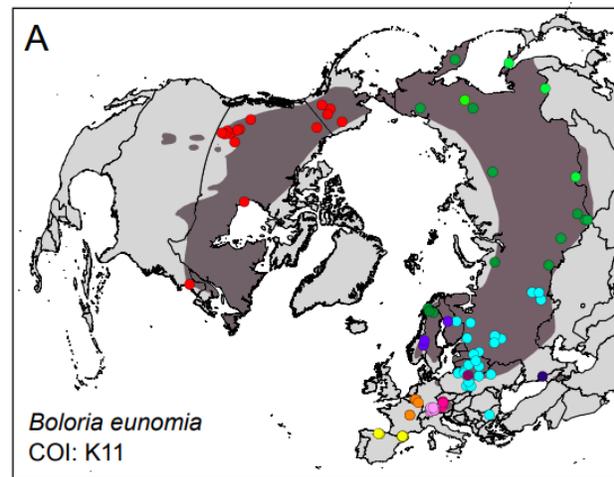
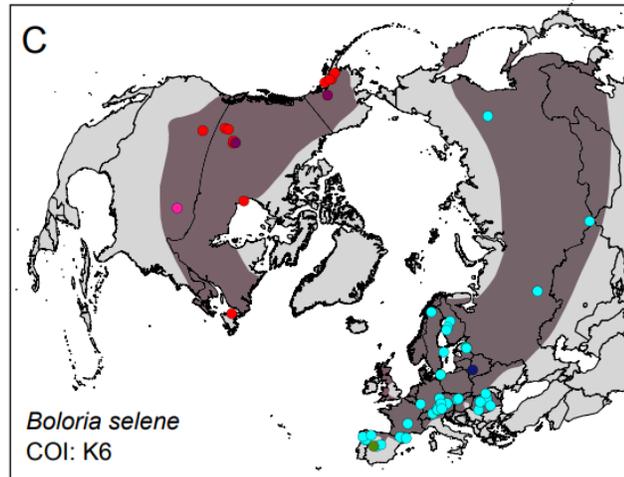
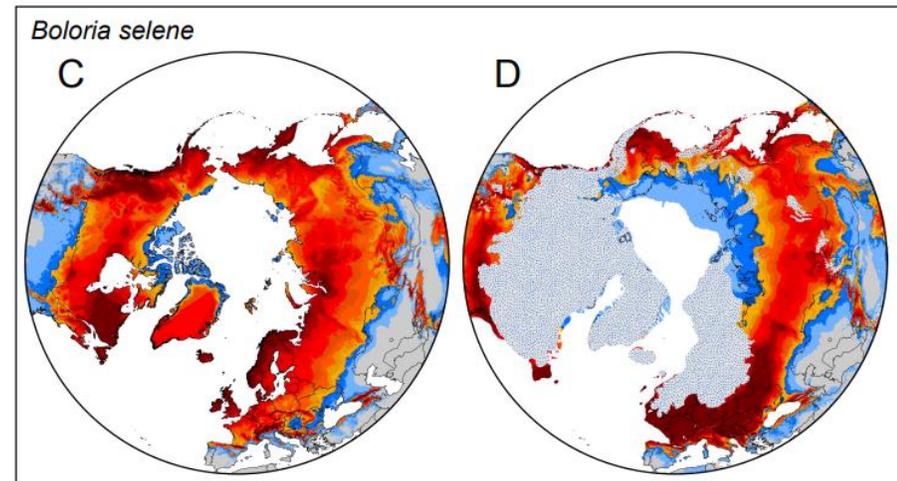
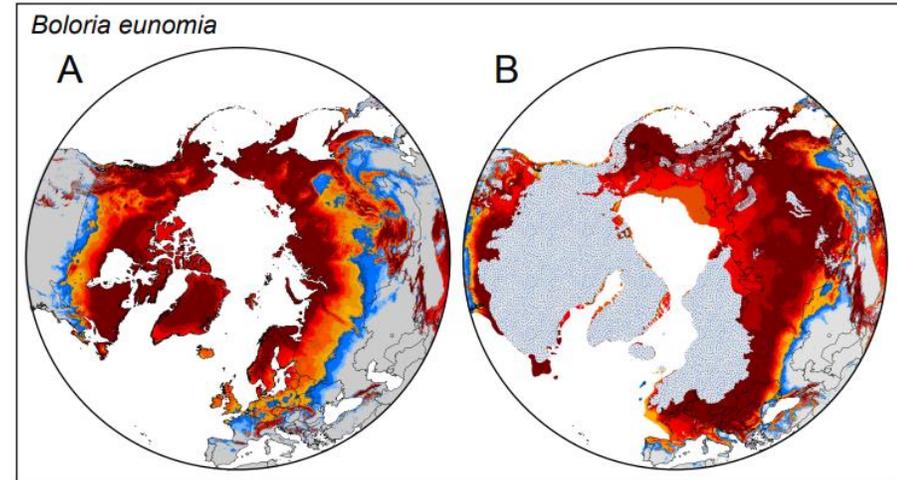
rašelištní specialista perleťovec mokřadní vs. generalista perleťovec dvanáctitečný

Marešová et al., 2019, PLOS ONE, under rev.



současnost

glaciální maximum



SAMOVA (prostorová analýza gen. variance): COI

- Překrývající se areály
- Rozdíl Eurasie x Severní Amerika
- Oba druhy v glaciálu široce rozšířené

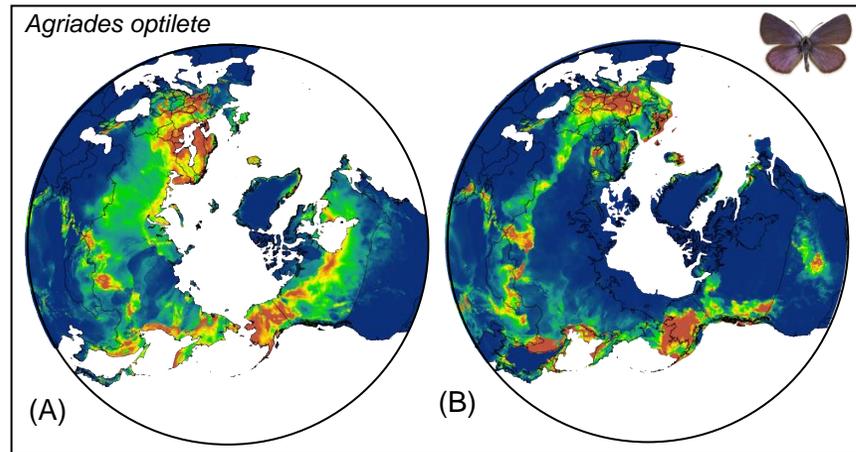
Species distribution models (MaxEnt)

Holarktické druhy

Agriades optilete

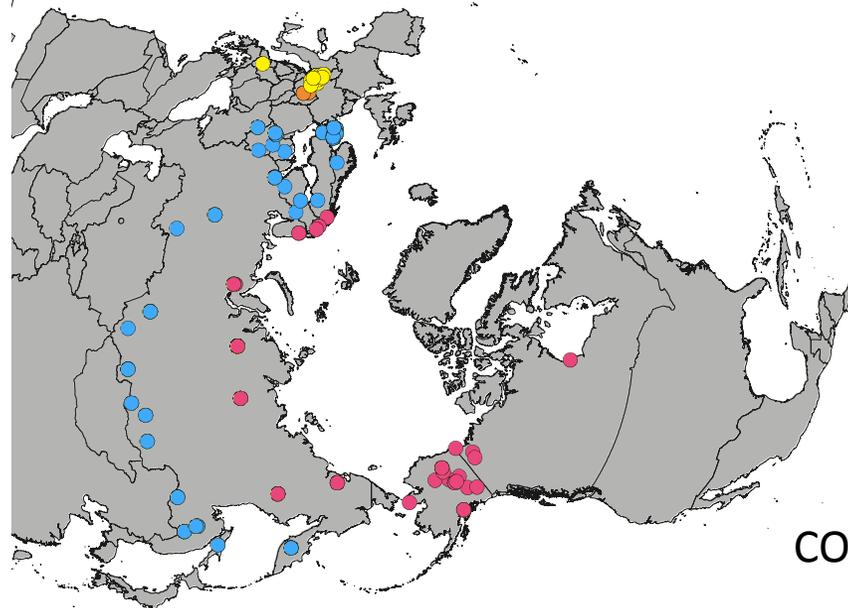


Novodomské rašeliniště, Krušné hory

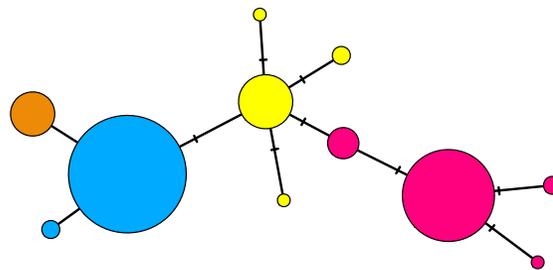


present

LGM



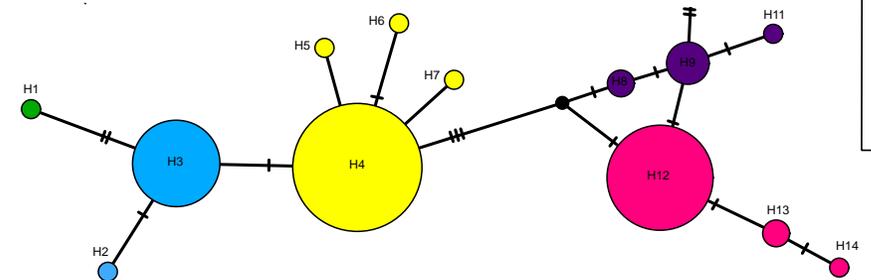
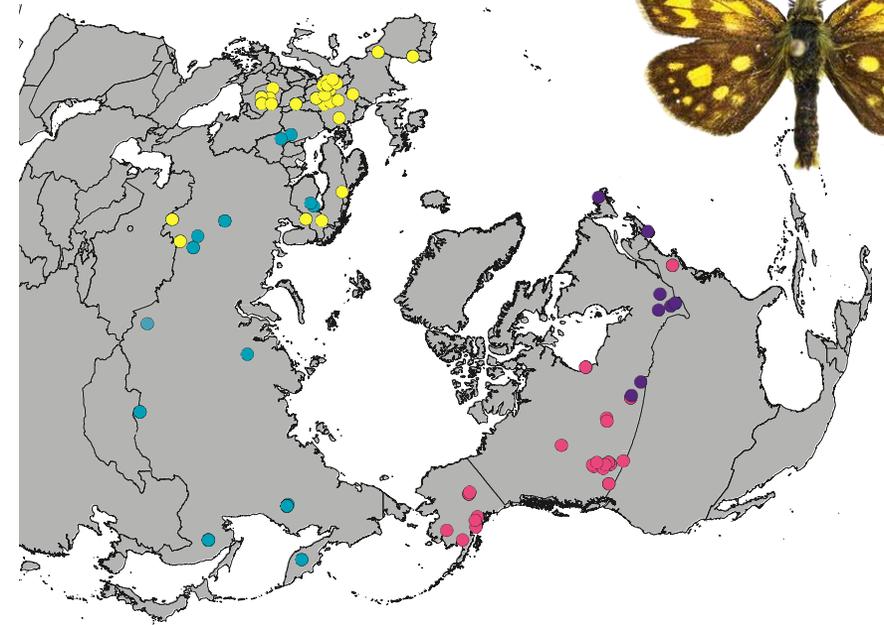
COI



modrásek stříroskvrnný:

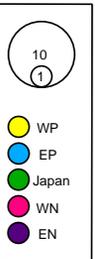
- V-Z linie
- široce rozšířená linie i v LGM (modrá)
- refugia v Alpách a Beringii

Carterocephalus palaemon



soumračník jitrocelový:

- široce rozšířená linie na Sibiři (modrá)
- refugia v jižní Evropě
- výrazný rozdíl mezi populacemi z Eurasie a Severní Ameriky



Závěr

- Kalibrované stromy (a další důkazy – srovnání gen. struktury s fosilizujícími skupinami): Mnohé genetické linie staré: motýli přeživali doby ledové a meziledové na místě
- Distribuční modely: často v glaciálu areál stejně velký nebo větší než v současnosti
- Široce rozšířené eurasijské linie
- Ale častá substruktura v Evropě (např. populace na úbočí Alp): pokud pozorujeme pouze tuto část, nemůžeme vyvozovat správné závěry o přežívání v glaciálu
- **Glaciál nepředstavoval pro mnoho druhů problém – právě naopak**
- **Ale vypořádaly se i s interglaciálem díky strukturované krajině**
- **Mnohá území druhů musela být ztracena nedávno (v holocénu či dokonce za posledních 100 let)**

