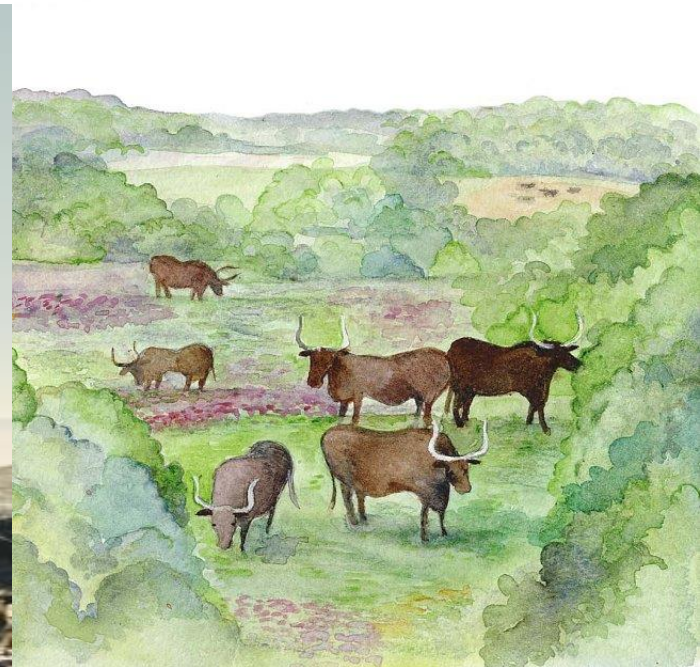


# Příroda ve čtvrtohorách



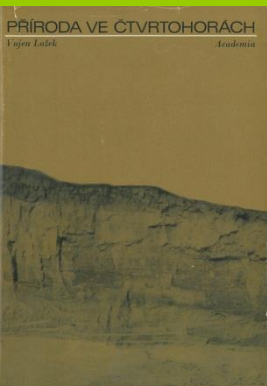
Michal Horsák & Jan Roleček

UBZ PřF MU, Brno

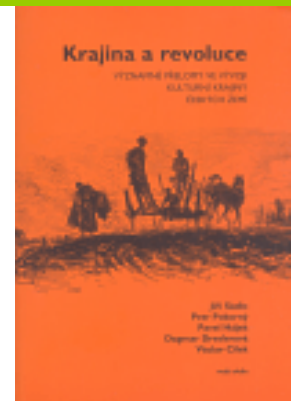
# Syllabus přednášky

- 1) Historie výzkumu kvartéru, stručně kvartérní sedimenty a základní paleoekologické metody (M. Horsák)
- 2) Změny klimatu v historii Země: podrobné změny od mladších třetihor a jejich příčiny, členění kvartéru, geologické procesy (M. Horsák)
- 3) Kvartérní klimatický cyklus, geografické rozdíly v zalednění, příroda posledního interglaciálu v Evropě (M. Horsák)
- 4) Příroda posledního glaciálního maxima v Evropě a její moderní analogie (M. Horsák)
- 5) Glaciální refugia rostlin a živočichů: jižní vs. severní kryptická (M. Horsák)
- 6) Pozdní glaciál a přechod k holocénu: klimatické změny a vymírání na konci pleistocénu (M. Horsák)
- 7) Stratigrafické členění holocénu, regionální klimatický vývoj holocénu (J. Roleček)
- 8) Holocenní dynamika rozšíření druhů v Evropě a ČR, s důrazem na dřeviny (J. Roleček)
- 9) Starší holocén ve střední Evropě: přírodní podmínky a kulturní vývoj (J. Roleček)
- 10) Střední holocén ve střední Evropě: přírodní podmínky a kulturní vývoj; stepní otázka (J. Roleček)
- 11 a 12) Mladší holocén ve střední Evropě: přírodní podmínky a kulturní vývoj; (post)moderní vývoj krajiny; globální změna (J. Roleček)

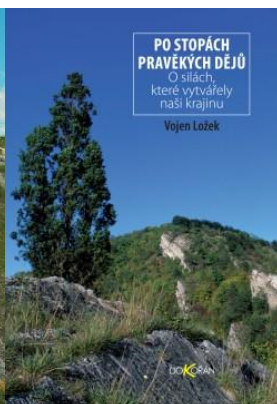
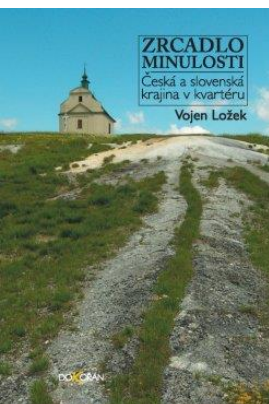
# Studijní literatura:



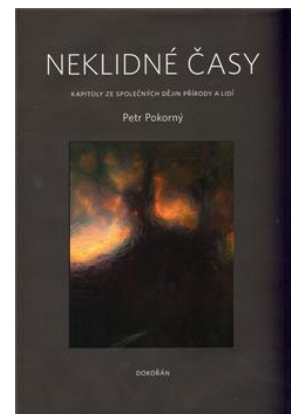
Sádlo J., Pokorný P., Hájek P., Dreslerová D., Cílek V. (2008): *Krajina a revoluce. Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny Českých zemí*. 3. upravené vydání. Malá Skála, Praha.



Ložek, V. 1973: *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia, Praha.



Pokorný P. (2011): *Neklidné časy. Kapitoly ze společných dějin přírody a lidí*. Dokořán, Praha.

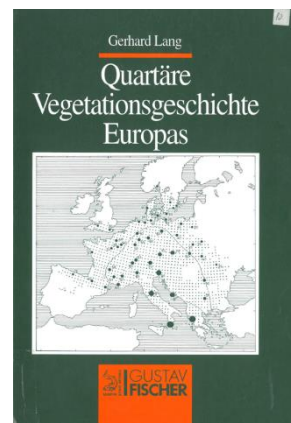


Ložek V. (2007): *Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru*. Dokořán, Praha.

Ložek V. (2011): *Po stopách pravěkých dějů. O silách, které vytvářely naši krajinu*. Dokořán, Praha.



Lang G. (1994): *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas*. G. Fischer Verl. Jena, Stuttgart.



Elias S.A., Mock C.J. (2013): *Encyclopedia of Quaternary Science, 2nd Edition*. Elsevier, Amsterdam.

## Historie výzkumu kvartéru, stručně kvartérní sedimenty a základní paleoekologické metody

(historie viz články Petra Pokorného ve Vesmíru /2010, 3 a 4/ nebo jeho kniha Neklidné časy)



KVARTÉRNÍ GEOLOGIE

### I. Vznik kvartérní vědy

## O čtvrtém řádu a o tom, jak se nakonec, neřád, zkomplikoval

*„Jak ale přijde archeologie do „Vesmíru“, vždy úloha její patří dějepisům,“ pomyslel si smutný čtenář. A my musíme odjasnit. Mezi předhistorií jsou geologové také dějepisci, jen že netež jak dříve měli novověkou mýtnou činu, a právě zde v době předhistorické padávají in obři hodatelů ruce za společnou vládu. [...] Zde počíná současná věda, kterou „historie“ předhistorické archeologie, jež trádající léta doby samostatného periodického časopisu a douháme, že tím provádíme své krajiny k budování vědní a studovní paměti v obor své podřídit.*

Ant. Frič: Práhytinoie země české. Vesmír 5, 26, 1876/3

**PETR POKORNÝ** V dřívějších dobách a tradičních společnostech údajně převládala tendence k cyklickému pojetí času. Čas byl vnímán jako neustálý koloběh rovoje a úpadku, vzniku a zániku, zrození a smrti, radosti a strasti – analogicky k jarnu a podzím, ke dni a noci. Středověký výhled mechanických hodin s ciferníkem takové vnímání dokonale ztělesňuje. Neprůtržité kolotání velkermatva bylo v poslední době nahrazeno jako přírodní, efektivní a nespokojivé. Smysl a cíl dostávalo teprve když součast nějakého jiného, vyššího řádu vědy

Údělem člověka jakožto bytosti středy bylo podléhat diktaiu vzruženích proměn a zároveň se skrze neobutnost dale na onom vyšším řádu nějakým způsobem podílet. Byť součastí božského plánu spasení, jak by to vyjádřili křesťané. Stalo se osudem novověké Evropy, že tento a chaický „přirozený svět“ postavila na hlavu. Nebyla to olem pčiorozová událost, nýbrž dlouhý a složitý proces. Hlavními mihy na této hrozdící a závažné problematické cestě byly dva převraty: Záprvé objev takového pojetí univerzálního prononu, ve kterém nete stasovt nějaký jednoznačný střed, a tudíž ani jakýkoliv referenční bod, „mim všech věcí“. Přechlín tuto úlohu plnila Země a na její tvář člověk jakožto privilegované stvoření. Někdy se tomu říká *Epistemologická revoluce*, i když proces pokračoval ještě dlouho po Koperníkově a prozatím vyvrcholil uddlostmi 20. století (ve vztáhu teorii relativity, v životě společnosti dalekošlým rozkladem doavadního kulturního a silizačního kódu pod vlivem nebyřtého



KVARTÉRNÍ GEOLOGIE

### II. Exploze věd o kvartéru ve 20. století

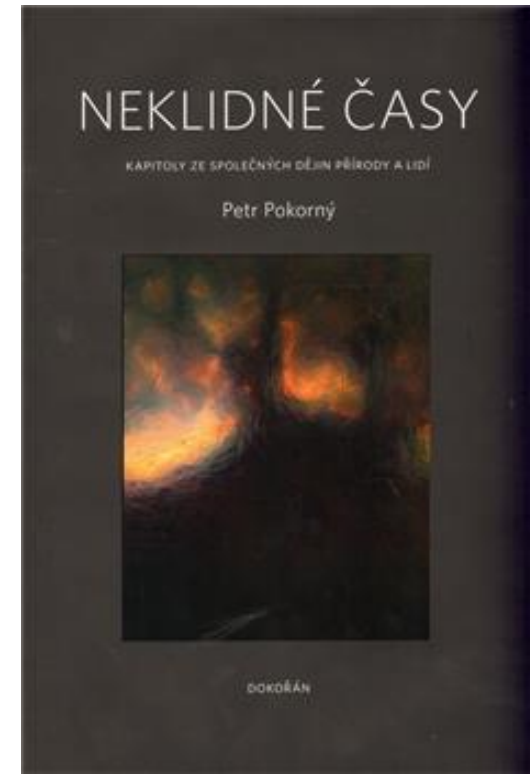
## O čtvrtém řádu a o tom, jak se nakonec, neřád, zkomplikoval

**PETR POKORNÝ**

„Když jsem v kosmické lodi obhéřel Zemi, uviděl jsem, jak je naše planeta krásná. Láde, chmárate a rozmanitě tuje krásu, ale nemělo jí!“ To jsou údajně slova sedmadvacetiletého Jurje Alexejeviče Gagarina segroutředně poše, co se 12. dubna roku 1961 tvrdil z okně své dráhy. Naše planeta na sebe poprvé hrděla lidšlým očima. Věděl šel lidstvo poprvé celou vnějšek Zemi jako „svou“ planetu. Zlále k ní rázem slovo mateřský, ochranněšlý scitit. Je to přirozením lidským stavem. Seme Země byla obřakšou onou matkou. Ochranovala a dnovala občinu. Věd jakoby se ráde obrátili. V biologi se celky vynikla (přetvořil křesťov zovavrovan) maturova planety jako šlechtu superorganismu. Které je jadem dčistně populárního konceptu Galá Jamese Lovelocka a Lynne Margulise. V ekologii šelby vrcholil ekostimovaný přístup,

Dr Petr Pokorný (1972) ve Vesmír 89, 164, 2010/3.

který čtěl viděl v biologických společenstvech deloněšl štyry organismů uvalně pracující se společně celku. Zpřevrácce na ekostimovaný koncept „ledeněšlých“ a dále z příkladů sociomorfního modifikování v biologii. Pro obřadit celkové měření je charakteristické jedna z přibouhých (DZ) Lovelockových definic „šleš planety“ jménem Gaia: „komplexní jednotka zahrnující biosféru, atmosféru, oceány a plády planety Země; cteč tvrdící zpřetnovatelný čili kybernetický systém, který aktivně vyhledává optimální fyzikální a chemické prostředky pro udržení života na planetě.“ Přikláděš se konceptu Gaia, máme šleš předevo páde 16, ješš kvartérní historie naší planety opřevrácce v směřadu v práce uvalněru definici. Jako každé šleš bytost má jist svou uvalněru historii, během které projevoje což jako uchop-



## NEKLIDNÉ ČASY

KAPITOLY ZE SPOLEČNÝCH DĚJIN PŘÍRODY A LIDI

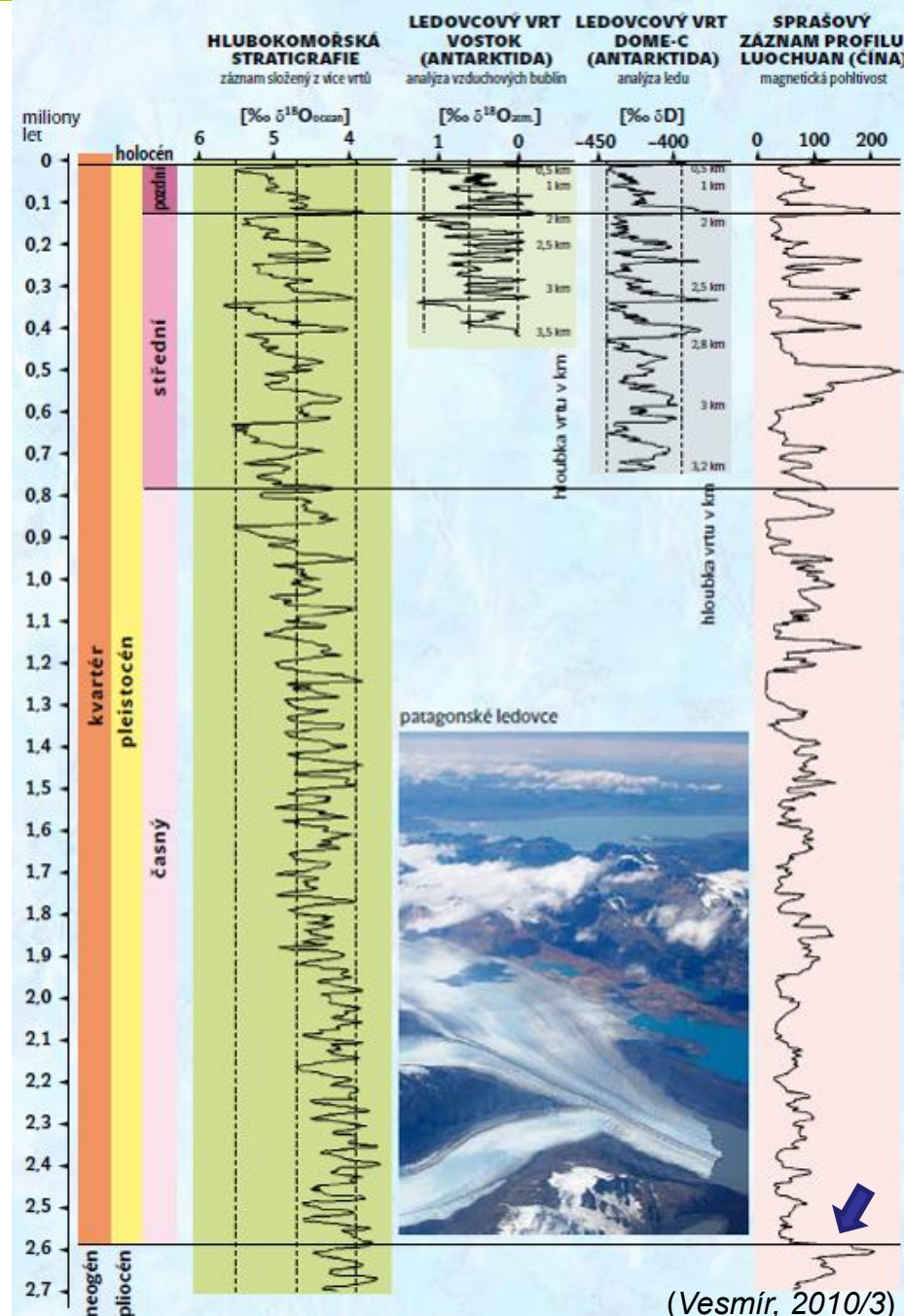
Petr Pokorný



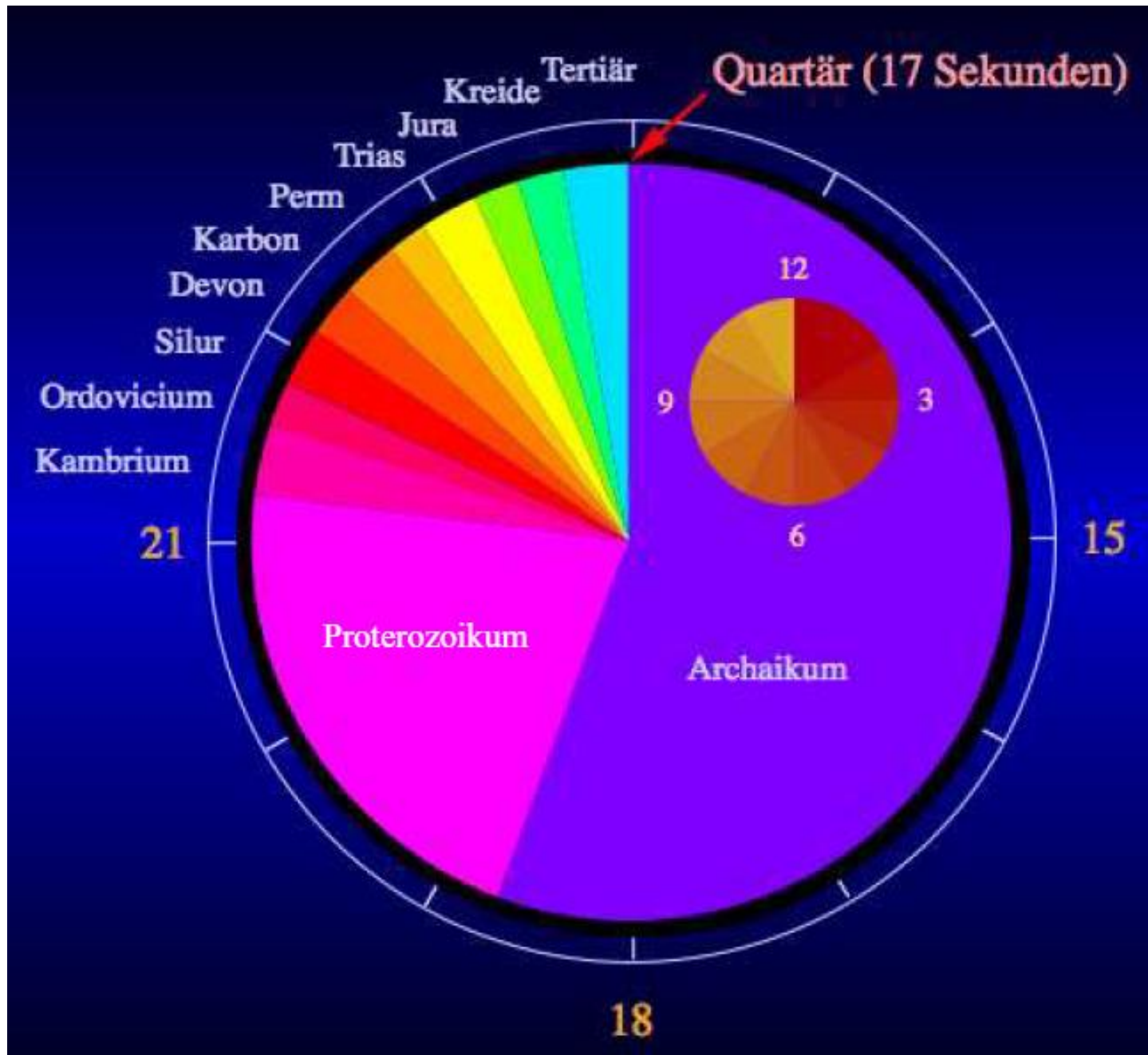
DOKOŘÁN

# Co jsou čtvrtohory (= kvartér) a proč nás zajímají?

- nejmladší geologické období, posledních ca **2,6** ( $2,588 \pm 0,005$ ) mil. let, stratotyp Luochuan
- zásadní vliv na utváření živé i neživé přírody, **většina současné bioty je kvartérního stáří!**
- bouřlivé změny během glaciálního cyklu, poslední stadiál (LGM) – „bod nula“ pro mnohé regiony
- typické střídání chladných (**glaciály**) a teplých (**interglaciály**) období – zaznamenáno 52 glaciálů
- glaciály delší (ca 40-100 tis. let), interglaciály kratší (10-15 tis. let)
- v rámci glaciálu jemnější oscilace: chladnější **stadiály** a teplejší **interstadiály**
- evoluce *Homo sapiens*



# Trvání kvartéru v dějinách stáří Země

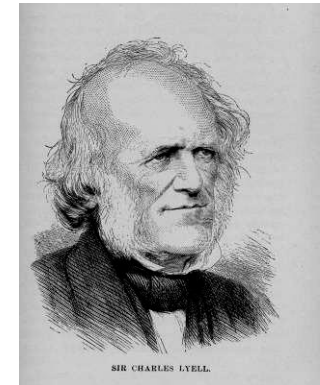
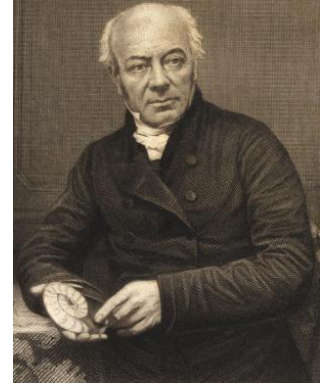


# Počátky výzkumu kvartéru – jak to začalo?

- Giovanni Arduino (1714–1795): benátský důlní inženýr, zkoumal sedimenty od Alp po Pád
  - horniny a fosilie rozdělil do čtyř skupin – „řádů“: *primární*, *sekundární*, *terciérní* a *kvartérní*
- **kvartér** (1730) – nejmladší vrstvy s fosíliemi současné bioty
  - Charles Lyell – podobné kritérium, ale nejmladší vrstvy nazýval *pleistocene*, (dnes = kvartér bez holocénu /= postglaciálu, poledové doby/)
- 18. st.: **bludné balvany** (eratika) v S Německu – skandinávský původ, důsledek světové potopy (proudy vody a bahna se valí světem)
- Georges Cuvier (1769–1832): vysoce postavený francouzský zoolog a paleontolog
  - teorie kataklysmat: Země prochází sérií obřích katastrof (biblická potopa)



# Počátky výzkumu kvartéru – driftová teorie



- William Buckland (1784–1856): profesor geologie na univerzitě v Oxfordu
  - diluvium (období nejmladší Země) a aluvium (geologická současnost), termíny se dlouho drží
- pol. 19. st.: nálezy pravěkých artefaktů s kostrami pleistocenních savců („diluviálních zvířat), nález čelisti neandrtálce (r. 1856)
- Charles Lyell (1797–1875): slavný skotský geolog, třídílný spis „Principles of Geology“ významně ovlivnil i Ch. Darwina
  - **princip aktualismu (uniformismus)**: geologické procesy jsou neměnné (zpochybnil všechny katastrofické teorie – jedná se o důsledek pomalých procesů)
  - **driftová teorie**: vysvětlení existence eratik – přineseny na ledovcových krách, když byl povrch zatopen mořem
- klíčová role švýcarských Alp – morény a glaciální rýhy, více badatelů – uvažovali pouze horské zalednění, existující názory severského zalednění neakceptovány



# Počátky výzkumu kvartéru – průlom v myšlení



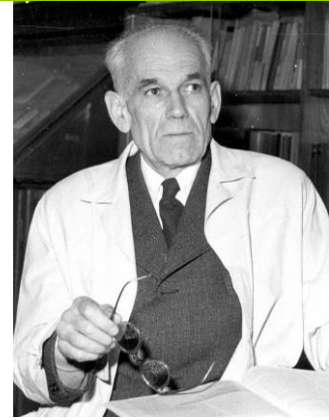
- Louis Agassiz (1807–1873): Švýcar, původem zoolog, asistent G. Cuviera - ovlivněn „katastrofickým“ uvažováním
  - po r. 1840: rozsáhlé zalednění S polokoule až po Alpy – světová katastrofa, (Alpy vznikly až po odlednění)
  - pod tlakem kritiky zmírnil – tři izolované kontinentální ledovce a horský ledovec v Alpách
- **Eiszeit** (Ice Age, doba ledová): botanik Karl Schimper, přítel Agassize
- Otto Torell (1828–1900): švédský geolog
  - Skandinávii pokrýval souvislý ledovec
  - **1875**: vystoupení v Berlíně, přijetí myšlenky zalednění od severu až k Berlinu
- představa jediné doby ledové – **monoglacialismus** (zdecimování tropické fauny na Zemi – pleistocenní zvířata považována za tropickou faunu)
- okolo 1850: představa min. 2, možná 4-5 glaciálů
- konec 19. st.: ustálení konceptu 4 dob ledových – **kvadriglacialismus**

# Počátky výzkumu kvartéru – glaciálů přibývá!

- Albrecht Penck (1858–1945) a Eduard Brückner (1862–1927)
  - 1901–1909: trojdílná kniha „Die Alpen im Eiszeitalter“
  - studium říčních teras v Alpách – 4 odlišné výškové stupně = 4 ledové doby, označeny jmény alpských přítoků Dunaje: **günz**, **mindel**, **riss** a **würm**
  - mylně usuzovali na délku a intenzitu podle výškového rozpětí usazenin – potom ledové doby krátké, meziledové velmi dlouhé

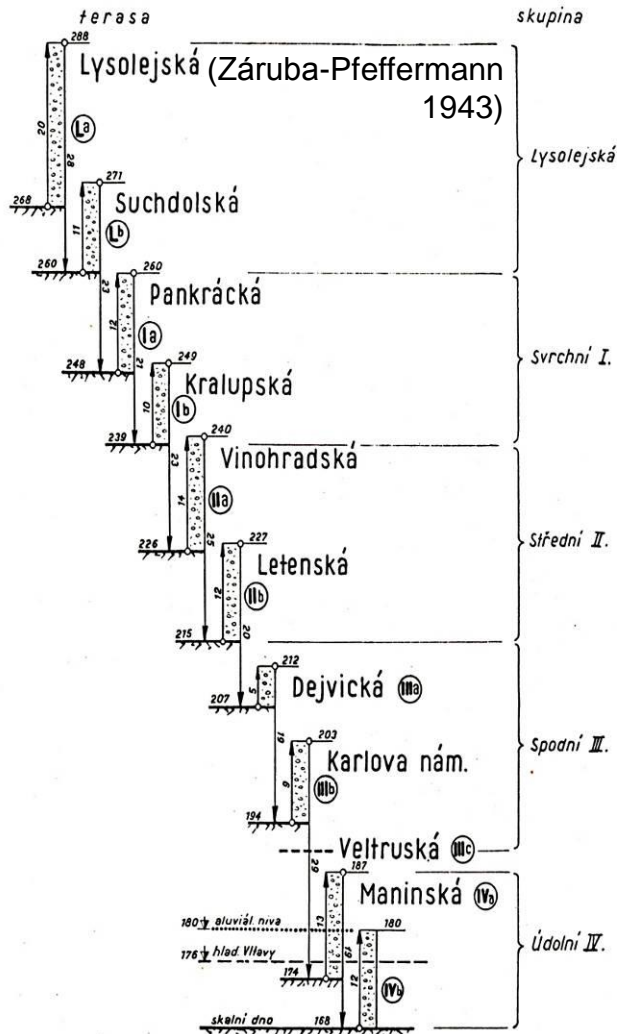
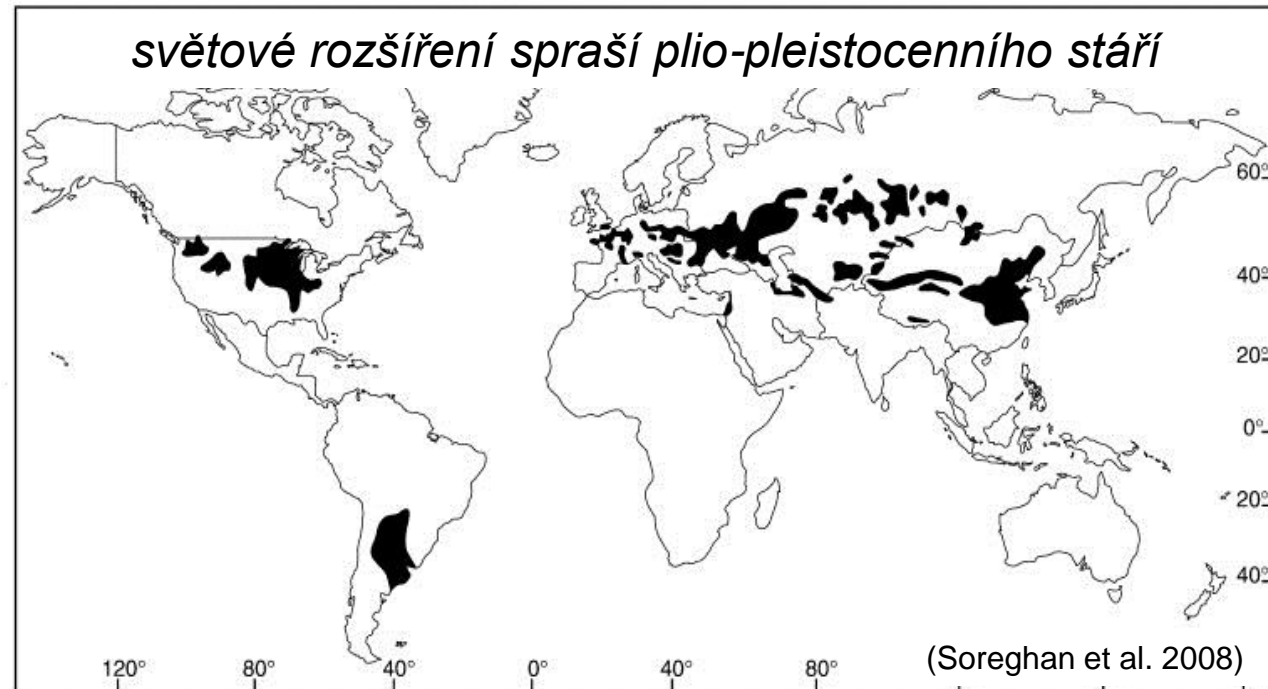


# Počátky výzkumu kvartéru – polyglacialismus, nakonec



- Quido Záruba (1899–1993), český geolog
  - 1943: monografie o terasovém systému Vltavy

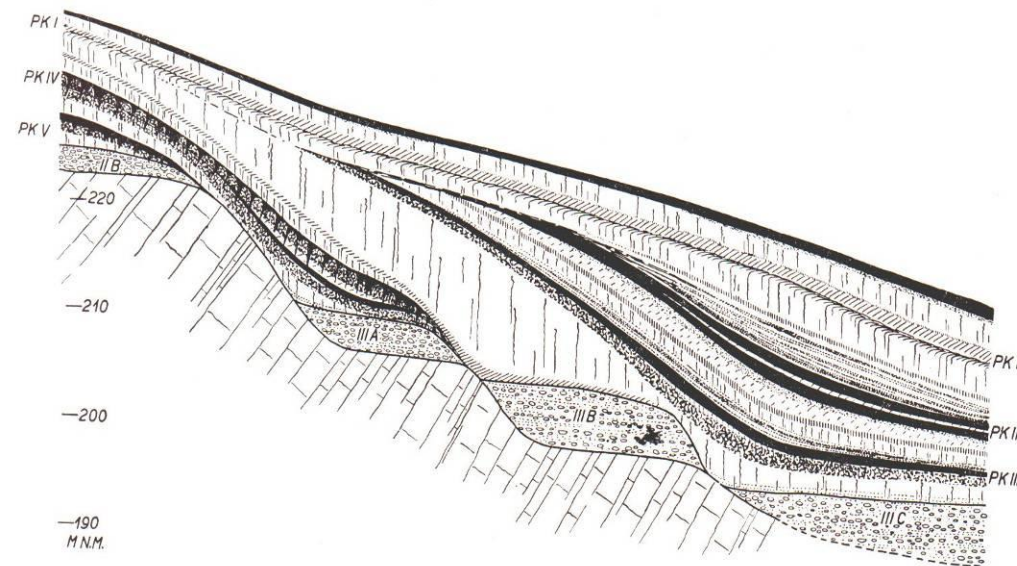
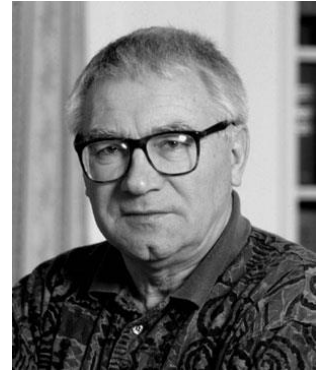
- studium **sprašových uloženin** – typicky glaciální sediment, mezi nimi interglaciální půdy



Obr. 1. Přehled výšek vltavských teras pod Prahou v km 204–208.

# Počátky výzkumu kvartéru – koncepce polyglacialistická

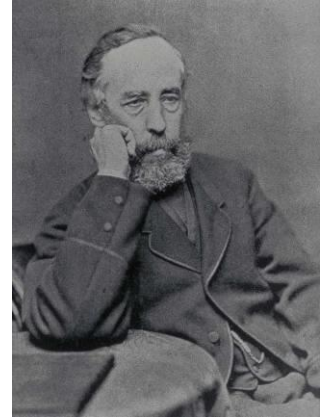
- Jiří Kukla (\*1930) a Vojen Ložek (\*1925), čeští badatelé
  - 1961: kongres INQUA (International Union for Quaternary Research), představili poznatky ze studia spraší, založení sprašové komise
  - závěr: cyklus střídání chladných a teplých období se **mnohonásobně** opakuje



33. Náčrt úložných poměrů sprašové série na souboru stupňů říčních teras (podle poměrů v údolí Vltavy pod Prahou). V podloží zvrásněné algonkium, terasy podle Q. Záruby (1943): II b — letenská, III a — dejvická, III b — Karlova náměstí, III c — veltruská (členy sprašové série značeny stejně jako na obr. 17 a 30). (Ložek 1973)

# Počátky výzkumu kvartéru – příčiny glaciálních cyklů

- zapomenuté teorie: již koncem 19. st. – vliv kolísání koncentrace atmosférického CO<sub>2</sub> (švédský fyzik Arrhenius) a představa astronomických příčin ledových dob (francouzský matematik Adhemar)
- James Croll (1821–1890), skotský hoteliér, později geolog
  - cyklické změny zemské orbity, **klíčová excentricita**: čím eliptičtější, tím větší rozdíly mezi létem a zimou – nahromadění sněhu – zvýšení albeda – pozitivní zpětná vazba – nástup glaciálu
  - jeho i Adhemarovy **výpočty nepřesné – ukázaly cestu**
- Milutin Milanković (1879–1958), stavební inženýr a matematik
  - 1941: kniha „Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem“ (*Kánon oslunění Země a jeho aplikace na problém ledových dob*)
  - vysvětlení klimatických změn pomocí **čtyř nezávislých orbitálních parametrů** – Milankovićovy parametry
  - pouze **okrajový zájem**, nehodilo se do převažující kvadriglacialistické představy



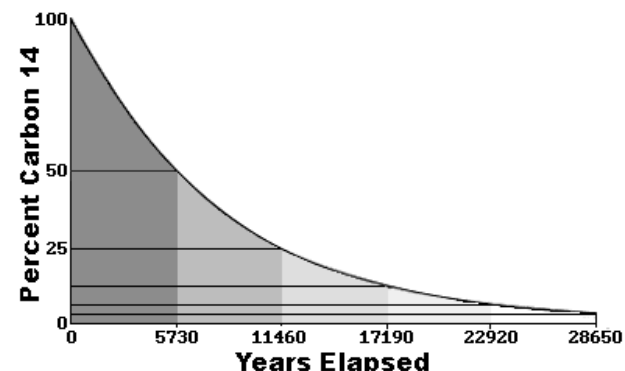
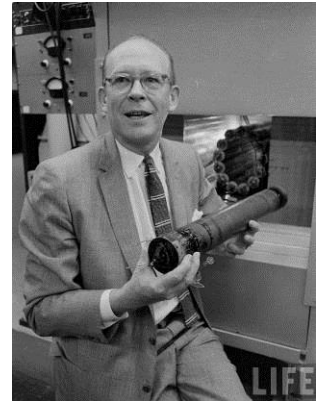
## Počátky výzkumu kvartéru – jaké je stáří Země?

- představa tisíců, max. desetitisíců, biblické stáří je 6000 let
- Lyellův uniformismus – velmi dlouhá geologická minulost – jak ji měřit?
- hledání archivů: letokruhy stromů – krátký čas, jezerní sedimenty (laminy s roční periodicitou) – velmi vzácné
- průlom s objevem radioaktivity



# Počátky výzkumu kvartéru – radioaktivní datování

- 1906: E. Rutherford – radioaktivní rozpad uranu, stáří Země několik miliard!
- 30. léta: princip radioaktivních hodin – rozpad řady uranu a thoria, různě dlouhé poločasy rozpadu (viz [http://en.wikipedia.org/wiki/Radiometric\\_dating](http://en.wikipedia.org/wiki/Radiometric_dating))
- 1940: M. Kamen a S. Ruben – objev radioaktivního  $^{14}\text{C}$
- M. Kamen – objasnění jeho vzniku v atmosféře z hojného  $^{14}\text{N}$  působením kosmického záření, laboratorní stanovení poločasu rozpadu  $^{14}\text{C}$
- Willard F. Libby (1908-1980), americký chemik – objev **radiokarbonových hodin:**
  - poměr nestabilního  $^{14}\text{C}$  ku stabilním  $^{12}\text{C}$  a  $^{13}\text{C}$  je v atmosféře konstantní (ca 1:1 bilionu)
  - tento poměr se ukládá do živých tkání (producenti asimilují, konzumenti konzumují producenty)
  - po smrti (spuštění hodin) se nestabilní  $^{14}\text{C}$  rozpadá na  $^{14}\text{N}$ 
    - **za 5568±30 let** je koncentrace poloviční
  - omezení na 50,000 let, 10 poločasů rozpadu
    - ještě měřitelná koncentrace  $^{14}\text{C}$  (nově ciltivější stanovení, větší rozsah)



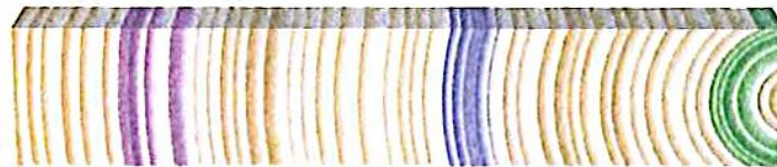
(viz <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/nuclear/cardat.html>)

# Radiokarbonové datování – absolutní stáří

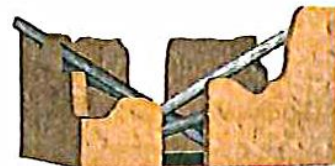
- obsah  $^{14}\text{C}$  v atmosféře není konstantní (proměnlivá sluneční aktivita, oceánická cirkulace) – zjištěný (nekalibrovaný) věk není absolutní, nutná kalibrace
  - nekalibrovaná  $^{14}\text{C}$  data jsou vždy znatelně mladší než absolutní
- dendrologie – kalibrační křivky, datování letokruhů – první pomocí borovic (*Pinus aristata* a *P. longaeva*) rostoucích na jih.-záp. USA, stáří až 5000 let
  - napojením na fosilní kmeny, krápníky a korály – posledních ca 50 tis. let
  - dnes větší počet kalibrací, regionální význam
- pozn.: BP (before present) znamená před rokem 1950
  - další zkratky: BC = před Kristem, AD = našeho letopočtu



živý strom



mrtvý strom



kláda z  
vykopávek

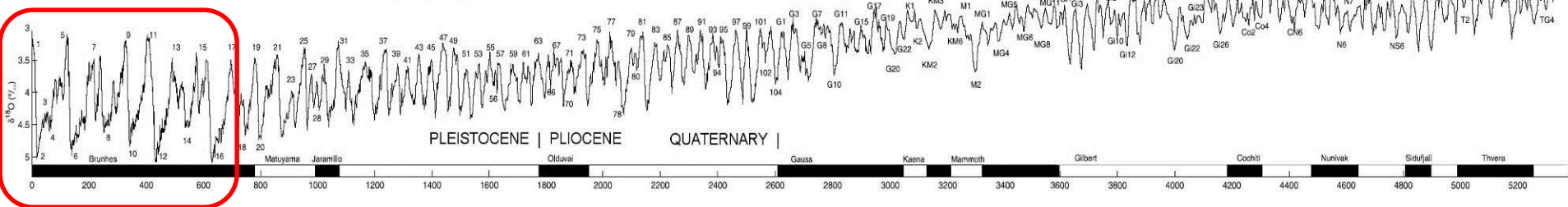


# Počátky výzkumu kvartéru – hlubokomořské vrty

- nepravidelné ukládání mořských sedimentů: dnes 2 cm za 1000 let, v glaciálu přibližně dvojnásobek
- souvislý záznam až do třetihor! – různé geochemické a biologické metody
- Cesare Emiliani (1922–1995), zakladatel paleooceánografie
  - změny relativního podílu těžkého izotopu kyslíku ( $\delta^{18}\text{O}$ ), poměr  $^{18}\text{O} : ^{16}\text{O}$  kolísá s teplotou
  - nápad, zjistit tento poměr z fosilních schránek planktonních dírkonůšců (Foraminifera)
  - zjištění 7 až 15 cyklů – konec kvadriglacialismu
- 1976: Hays, Imbrie a Shackelton – atlantický vrt přes posledních 450 tis. let
  - periodicitu klimatických oscilací s amplitudou cca 23, 40 a 100 tis. let
  - tím potvrzení Milankovičových výpočtů, ale i polyglacialistického modelu
- během kvartéru (tj. za posledních 2,6 miliónu let) více než 50 cyklů



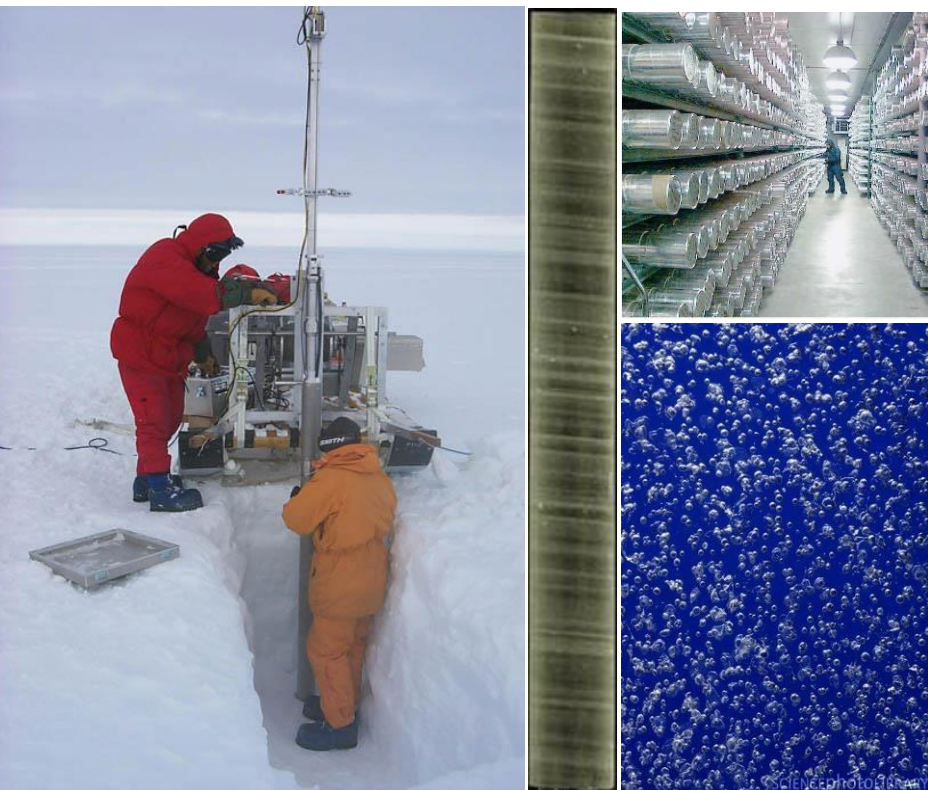
Lisiecki and Raymo. *Paleoceanography*, vol. 20, PA 1003, 2005.



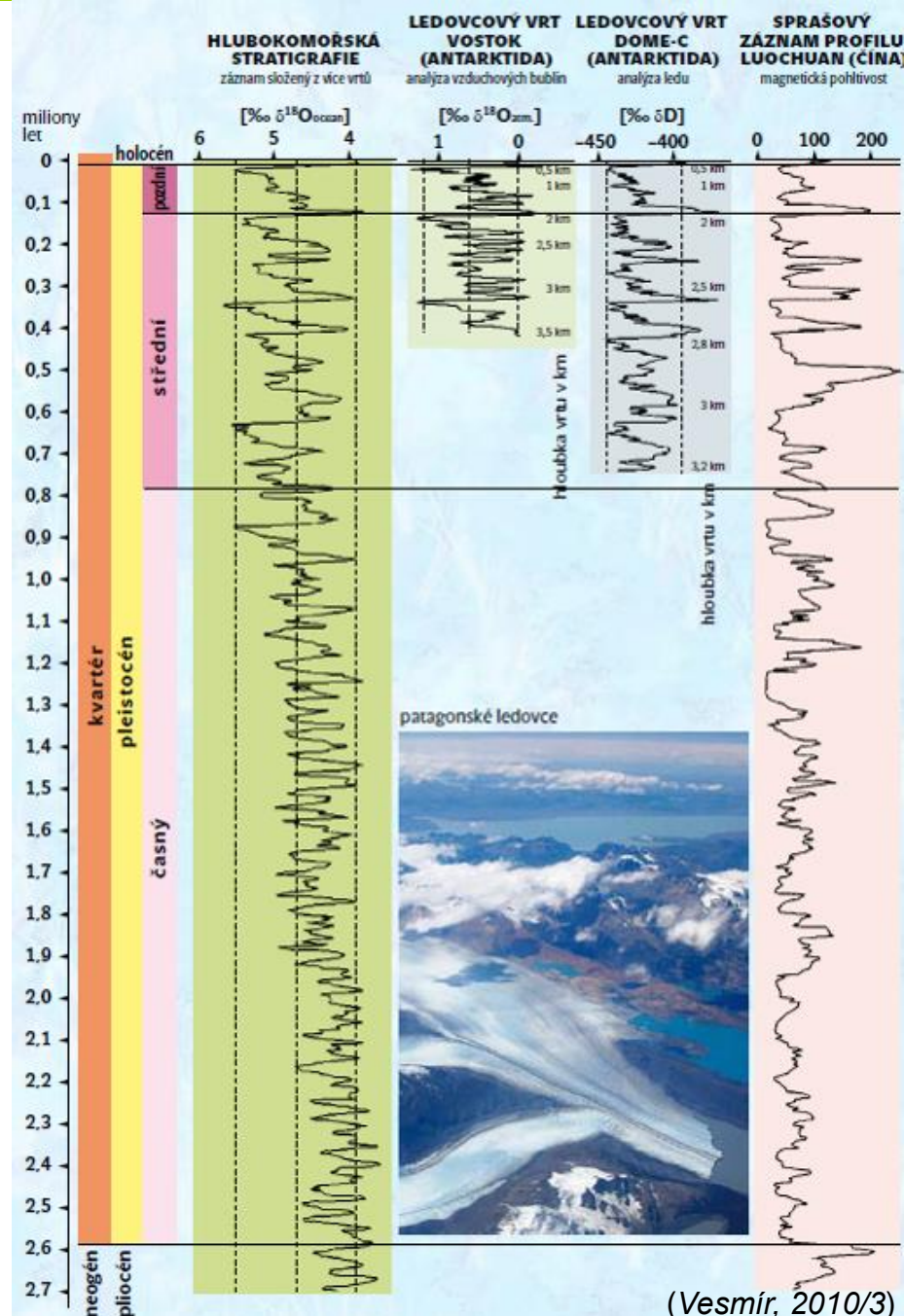
# Výzkum kvartéru – stratigrafické metody

## stratotypy

- vrty hlubokomořskými sedimenty
- mocnými sprašovými sedimenty
- vrty pevninskými ledovci (grónským a antarktickým)

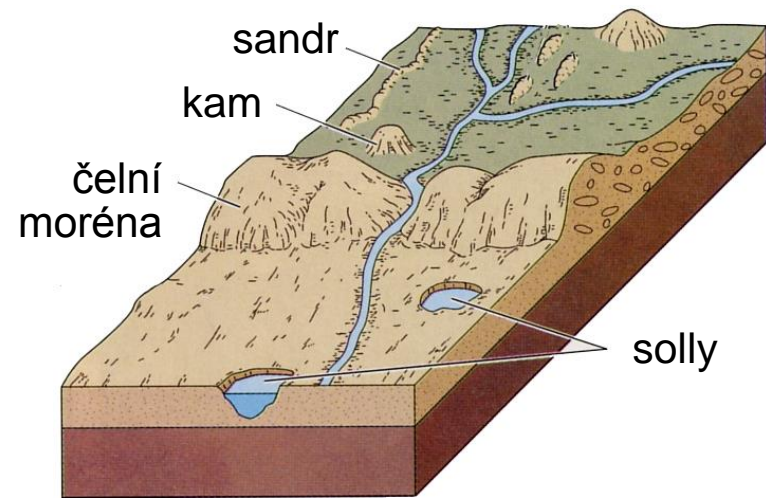


Vrt antarktickým ledovcem do hloubky přes 3 km, analýza „paleovzduchu“ z bublinek v ledu



# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

- eratika a ledovcové rýhy – něco tu nesedí
- říční sedimenty – význam alpského prostoru
- cyklické změny klimatu se silně projevují i v sedimentech
- sedimenty **glaciální** (vzniklé během glaciálů) a **glacigenní** (vzniklé činností ledovců); další dělení podle Ložka (1973)
  - **glacigenní vzniklé činností pevninského ledovce**
    - till – sediment morén (čelní a bazální)
    - souvkové hlíny – hlinitý materiál nakupený pohybem ledu s kusy horniny (souvky)
    - varvit – páskovaný jíl složený z varv (tenkých vrstviček jílu usazujícího se v jezerech napájených při tání ledovce, 1 varva = 1 rok)
    - sandry – výplavové kužele a plošiny v okolí ledovců
    - kamy – pahorky, vzniklé jako výplně kotlin mezi bloky ledu
    - solly – zatopené deprese, vzniklé zatlačením odtržených kusů ledu do sedimentů bazální morény



# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

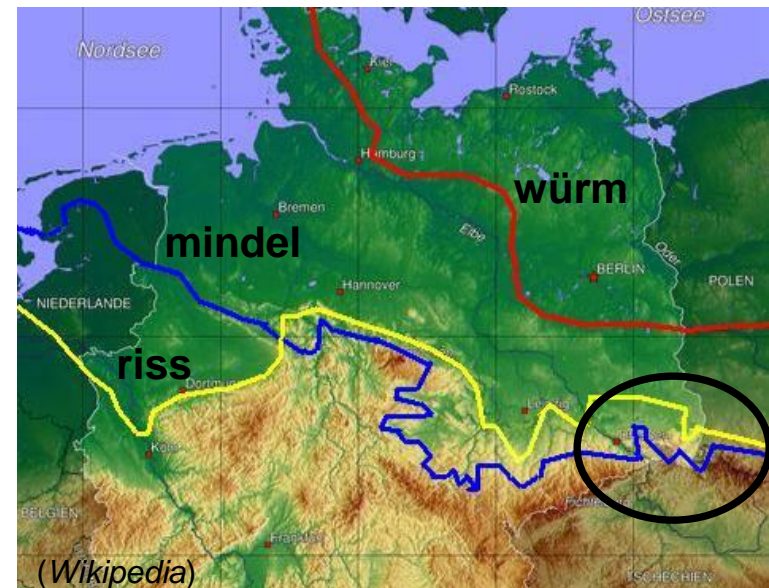
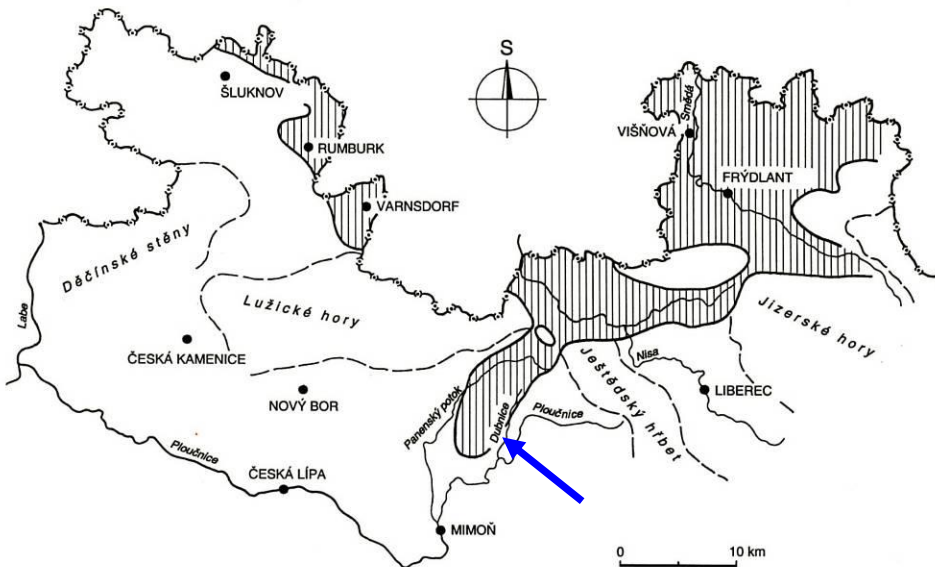
## projevy horského zalednění (odlišnosti):

- kary – ledovcové kotle a horská plesa
- trogy – údolí průřezu písmene "U"
- čelní morény tvoří v údolích nápadné valy, hradí jezera



## zaledněná území u nás

- malé plochy, pouze starší zalednění (elsterské=mindel a sálské=riss), v Čechách elsterské až k Ploučnici a na Moravě až k Bečvě
- horské hlavně v Krkonoších, méně Šumava a Hrubý Jeseník



# Poznání kvartéru – periglaciální jevy

- **periglaciální jevy** jsou typické pro střídání klimatických podmínek v oblasti blízké glaciálnímu zalednění, tzv. periglaciální zóny (i u nás)
- postihují jak horniny skalního podloží, tak i různé typy kvartérních sedimentů
- jedná se především o:
  - mrazové klíny a hrcce
  - zvířené a načechrané půdy
- příčinou jejich vzniku jsou především objemové změny při tuhnutí vody (např. **kryoturpace**)



([www.uni-marburg.de](http://www.uni-marburg.de))

výsledek kryoturpace půdy



fosilní mrazový klín

([www.uni-marburg.de](http://www.uni-marburg.de))

# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

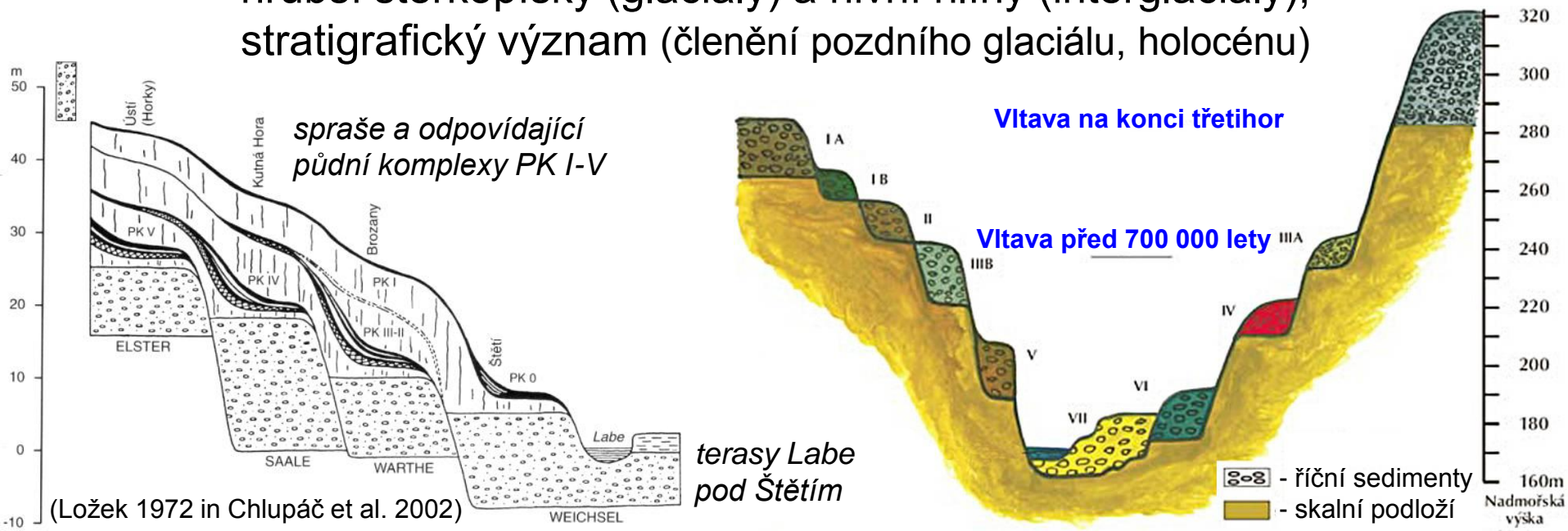
- **glaciální** rozlišujeme na **vodní** a **suchozemské**

- **vodní:**

- mořské – hlavně v litorálech (plážové stupně, odpovídají kolísání hladiny (regrese a transgrese pokles během glaciálů až o 140 m (voda v ledovcích, ale i tlak ledu na zemskou kůru)
- sladkovodní: **fluviální**, **limnické** a **pramenné**

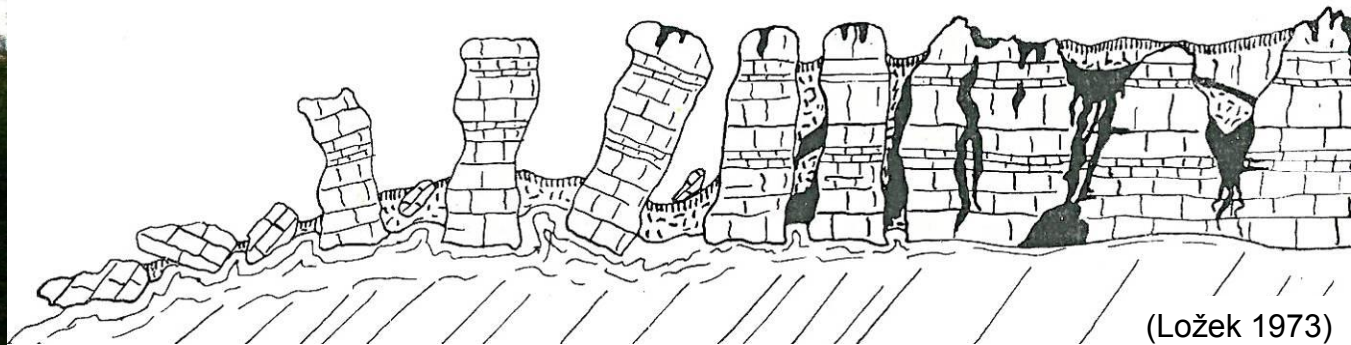
## fluviální (naplaveniny):

- sedimentace v řečišti (boční eroze) a na ploše nivy při povodních
- hrubší štěrkopísky (glaciály) a nivní hlíny (interglaciály), stratigrafický význam (členění pozdního glaciálu, holocénu)



# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

- vodní, sladkovodní, **limnické**:
  - terigenní – přemístění materiálu z okolí (splachem, větrem, soliflukcí)
  - chemické – nejčastěji  $\text{CaCO}_3$  původem ze schránek (měkkýši a lasturnatky), hromadí se na dně jako **jezerní křída** (čistý) nebo **jezerní slín** (s příměsí jílu)
  - organické – silný podíl odumřelých organismů (např. gyttja, sapropel)
  - bažinné (palustrické) – **almy** (bažinné vápence) a **rašelinné** sedimenty (velký význam pro paleoekologii a stratigrafii, zejména holocénu)
- vodní, sladkovodní, **pramenné**:
  - křemité –  $\text{SiO}_2$  vysrážený z horkých vřidel
  - vápenaté – pramenné vápence (pěnovce a travertiny), srážení ovlivněno chemismem i podnebím (vlhko a teplo)



(Ložek 1973)

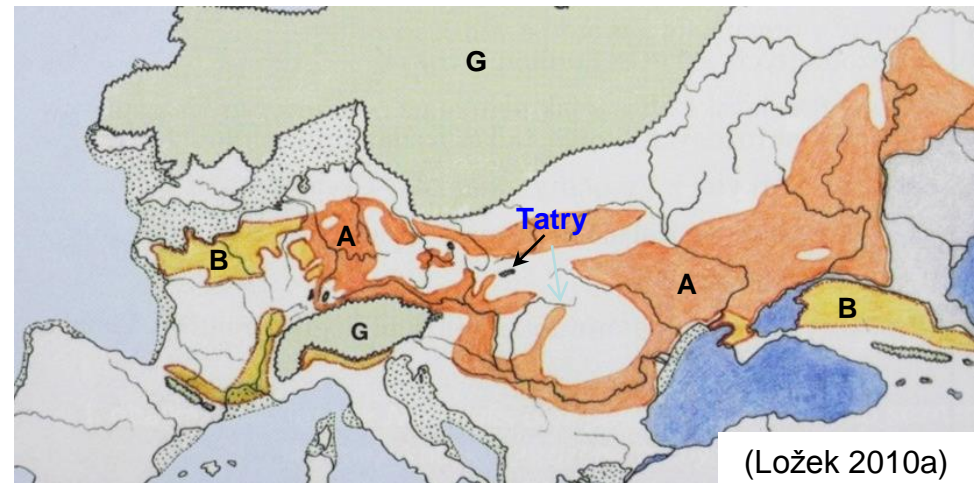
Rozpad travertínového ložiska Dreveníak na Spiši (Slovensko)

# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

- glaciální **suchozemské** rozlišujeme na **eolické**, **svahové** a **jeskynní**
- **eolické** (naváté) – jejich materiál je přenášen větrem
  - liší se velikostí zrna: spraše a váté písky,
- **spraš** – typický glaciální sediment nižších poloh (do 400 m n. m.)
  - převažují prachové částice (0,02–0,06 mm), bez hrubších částic
  - ukládal se ve stepích, tráva prachové vrstvičky prorůstá
  - vysoký obsah rozptýleného  $\text{CaCO}_3$  (10–20 %), porézní a pevné
  - železité sloučeniny podmiňují okrově hnědou až sedavě žlutou barvu
  - silně bazické, ale tvoří se zvětráváním i kyselých hornin (sucho)



Červený kopec v Brně – mocné vrstvy spraše zachycují vývoj v posledních 10 glaciálních cyklech



(Ložek 2010a)

Typické sprašové stepi (A) a jejich ekvivalenty (B) v Evropě během posledního glaciálu, G – zalednění



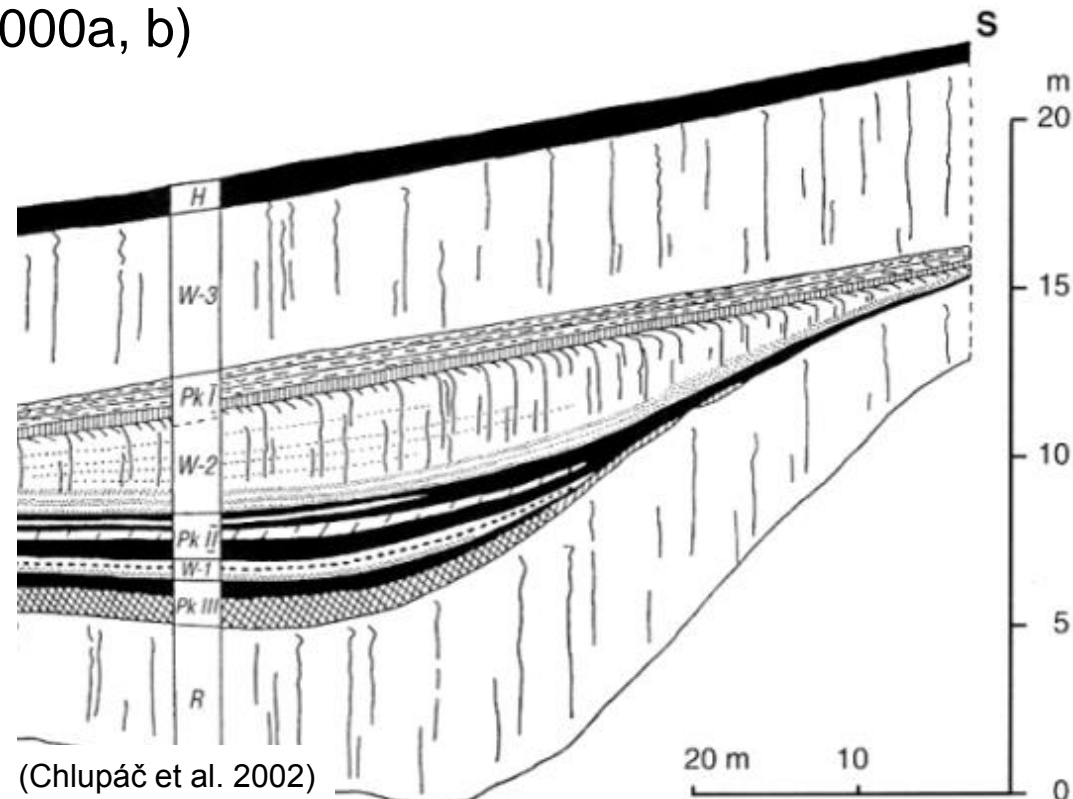
# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

- **spraše** mají mimořádný význam pro stratigrafii (stratotypy), obsahují množství fosilií (obratlovci, měkkýši, rostliny – hlavně makrozbytky)
  - sprašové série – místa s nakupením spraší z více chladných výkyvů
  - vznik: transportem-usazováním a zesprašněním (= loessifikace, **půdotvorný proces**, určuje její vlastnosti – obalení křemitých zrn  $\text{CaCO}_3$  a jejich propojení můstky karbonátu), bez těchto podmínek by došlo k odvápnění nebo zhlínění a vzniku prachovice či (červených) sprašových hlín
  - více o spraších viz Ložek (2000a, b)

W1-3: polohy spraší würmského glaciálu

PK II a I: půdy interstadiálů würmského glaciálu

PK III: půda eemského interglaciálu -  
spraš risského glaciálu -



(Chlupáč et al. 2002)

*Sprašový profil v Dolních Věstonicích, v poloze PK I nálezy lovců mamutů*

# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

- **váté písky** (uvnitř pevniny, neuvažujeme pobřežní a pouštní)
  - podmínkou vzniku jsou rozsáhlé holé plochy (jako u spraší)
  - hlavně nezarostlé plochy říčních teras a předpolí kontinentálního ledovce (stejně jako hrance)
  - současné převážně z konce posledního zalednění



*hranec – větrem opracovaný kámen*



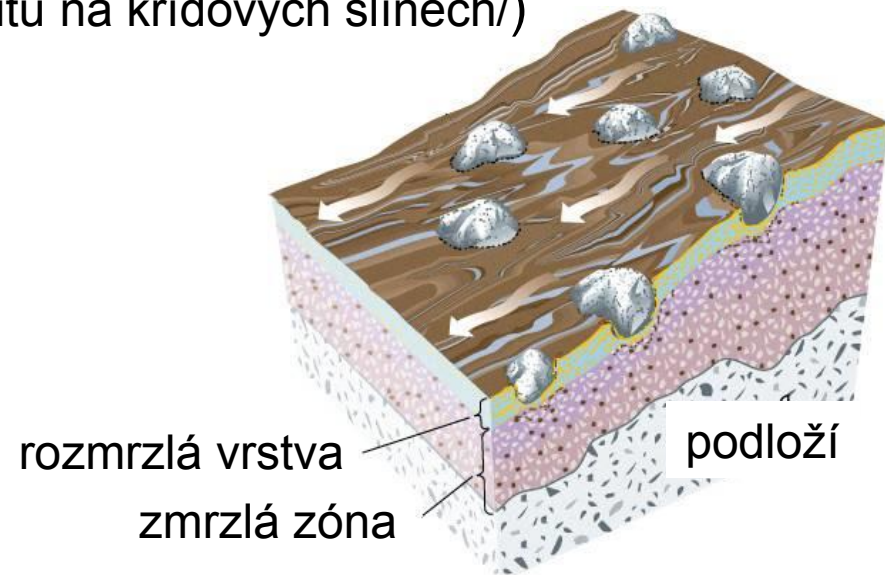
*Písečný přesyp u Vlkova – váté písky nivy Lužnice*



*Osypané břehy – váté písky nivy dolní Moravy*

# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

- **svahové** – hybnou silou je gravitace, materiál = snos
  - pohyb velkých mas = řízení
  - často v součinnosti s vodou (ron – deštěm, splach – proudem)
  - nejúčinnější je **soliflukce** (půdotok) – pomalé stékání rozbředlých zemin po zmrzlém podloží
  - podobně jako spraše tvoří vrstevnaté sledy stratigrafického významu: časný glaciál – tvorba sutí, vrcholný glaciál – soliflukce, sprašové období – mrazové drtě, interglaciály – hrubé sutě, skalní řízení a tvorba půdních sedimentů
  - sesuvy – posuny po plastickém podloží (např. sesuvy na flyši a droliny Českého středohoří /řízení neovulkanitů na křídových slínech/)



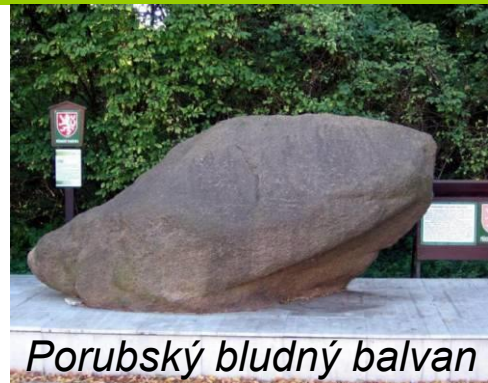
# Poznání kvartéru – kvartérní uložení

- **jeskynní** – výplně podzemních dutin
  - význam jako úložiště fosilií a archeologických památek, bohatý záznam obratlovčí fauny (napadaných či přinesených predátory)
  - významné v nevápničitých územích a kde na povrchu převládá odnos
  - výplně jsou autochtonní a alochtonní (pocházející z povrchu)
  - při silném zamokření tvorba pěnitce (sytký jemný sintr) – indikace vlhké počáteční fáze klimatického optima holocénu

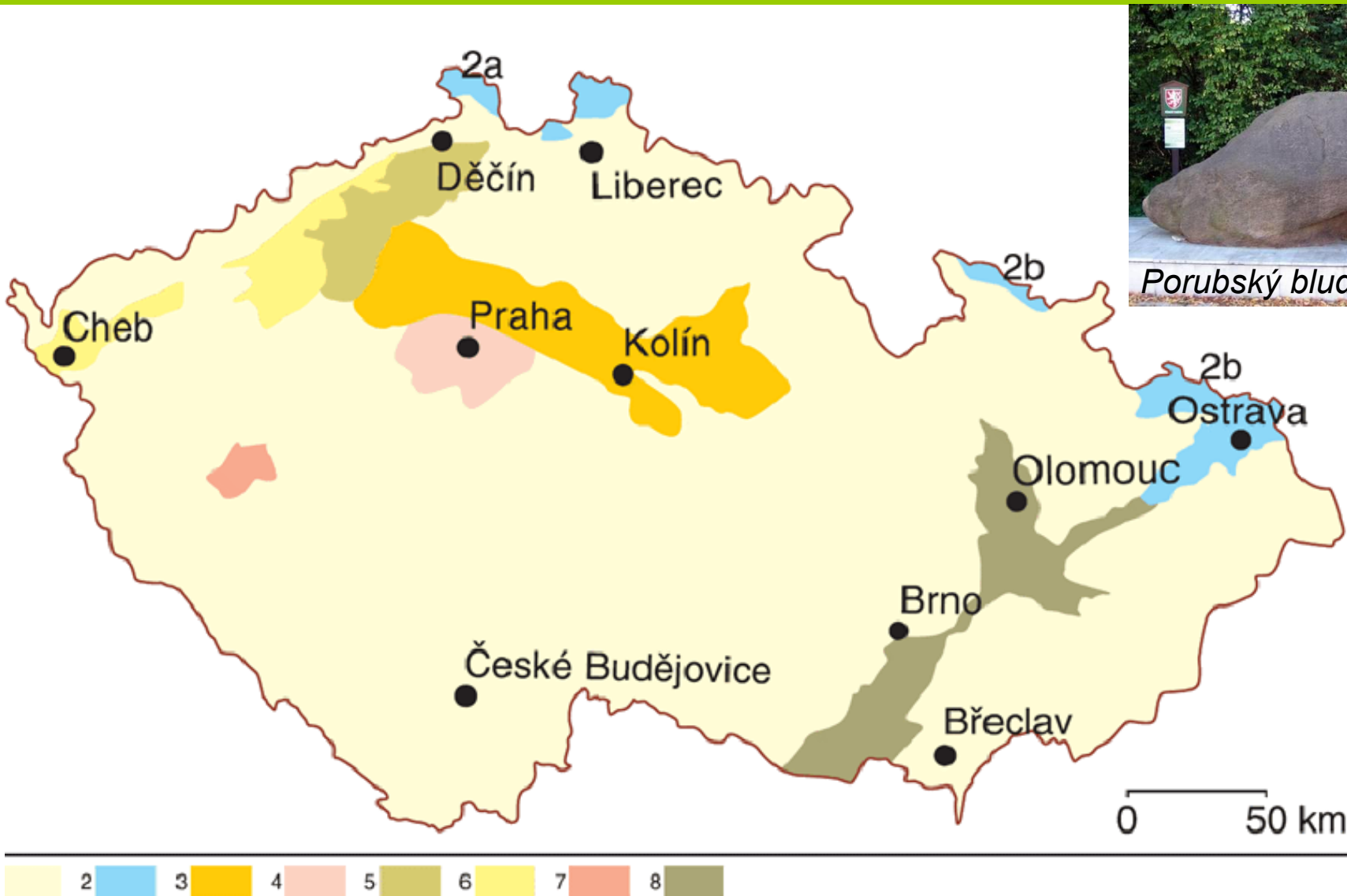


*Jeskyně Šipka u  
Štramberka, zde byla  
nalezena čelist neandrtálce  
(za války originál shořel)*

# Rozmístění kvartérních uloženin v ČR



Porubský bludný balvan



Rozšíření kvartérních uloženin na území ČR (podle Commission 1994 upraveno in Kachlík 2003): 1 - kvartér denudačních oblastí; **kvartér akumulčních oblastí**: 2 - kontinentálního zalednění (2a - severočeská oblast, 2b - oderská oblast) a extraglaciálních oblastí: 3 - Polabí, 4 - oblast Pražské plošiny, 5 - oblast Českého středohoří, 6 - oblast podkrušnohorských pánví, 7 - oblast Plzeňské pánve, 8 - oblast moravských úvalů.

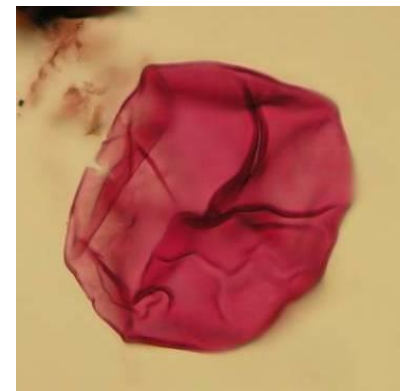
## ▪ pylová analýza

- 1916: Lennart von Post zavedl ve Švédsku **pylovou analýzu** (lokální stratigrafie vrstev rašeliny umožňující jejich vzájemné přiřazení)
- využita jako běžná metoda pro studium sukcese vegetace
- na základě sledů rekonstruované vegetace stanoveny klimatické fáze holocénu: preboreál – boreál – atlantik – subboreál – subatlantik (později upřesněno radiokarbonově)
- rašelinné a limnické sedimenty, hlavně ve vlhkých a chladných územích, ve spraších a v suchých krasových oblastech špatné zachování
- ukazuje spíše regionální kontext, vegetace v širším okolí nalezišť
- různý dolet a množství u jednotlivých pylů, determinace není často do druhů (pylové typy nejsou druhy), stanovuje se poměr pylu dřevin a bylin (AP/NAP)



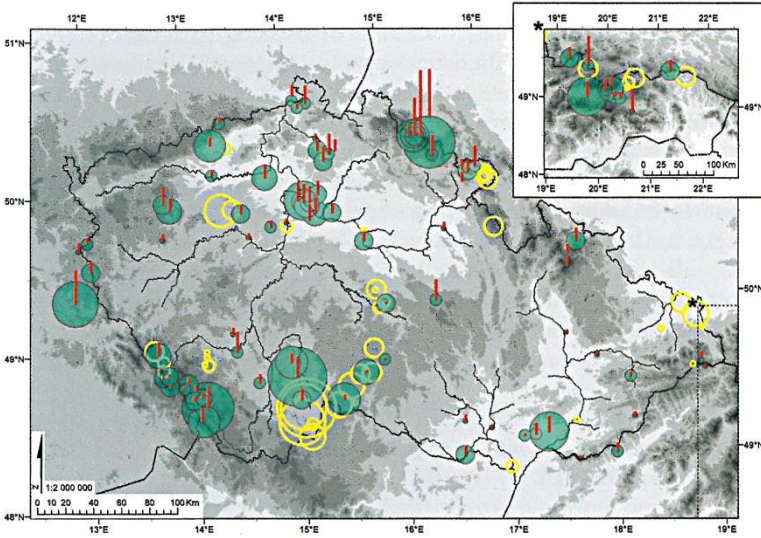
**pylové zrno borovice** s velkými vzdušnými vaky  
má velký dolet, zrna v sedimentu mohou  
pocházet z velmi vzdáleného zdroje

**pylové zrno modřínu** se špatně zachovává,  
modřín produkuje pyl s minimálním doletem,  
proto i několik zachovaných pylových zrn může  
indikovat modřínový les

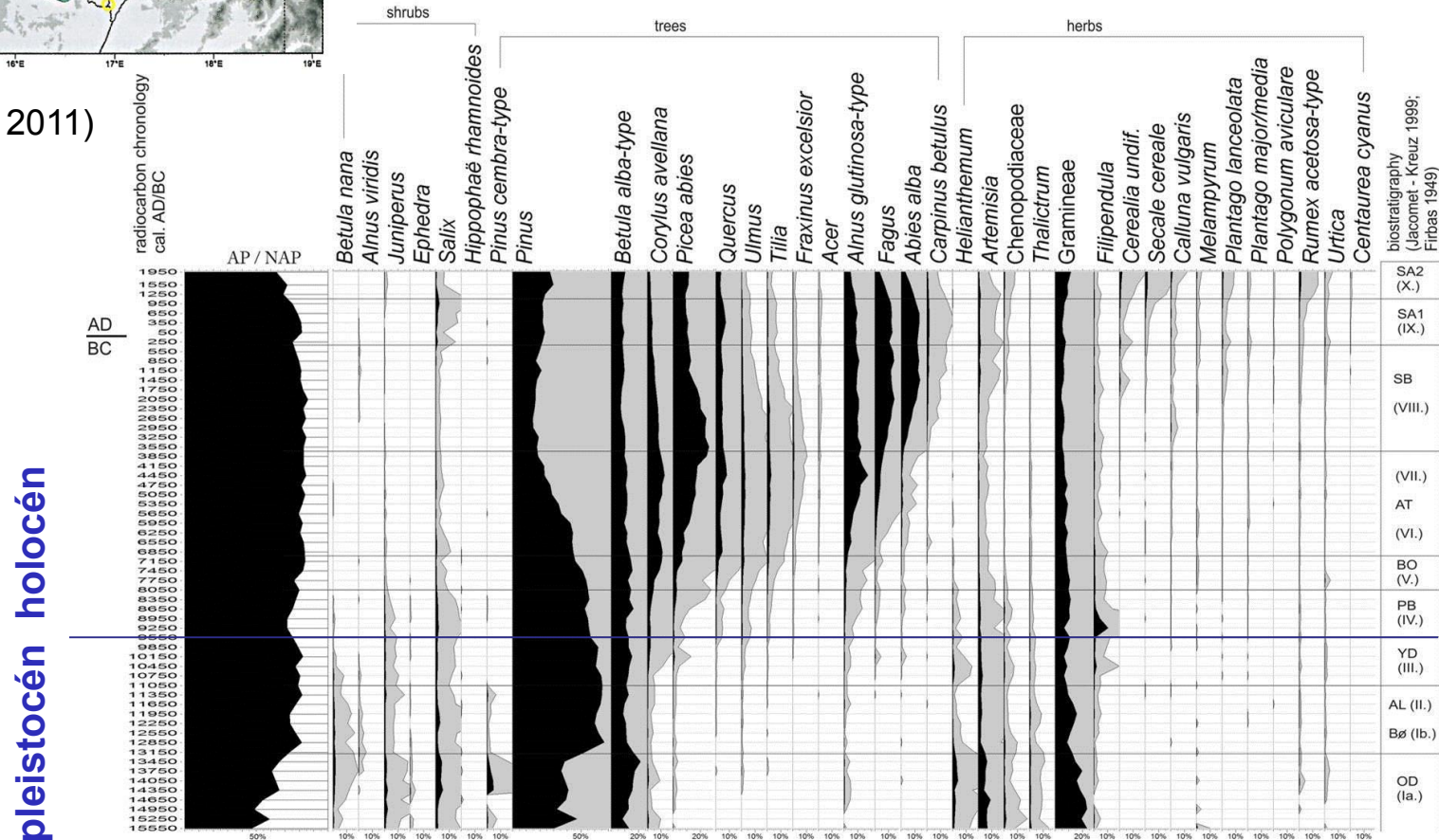


# Poznání kvartéru – metody paleoekologie

- pyloanalytická prozkoumanost ČR a "průměrný" pylový diagram českých profilů (databáze PALYCZ, 2009)



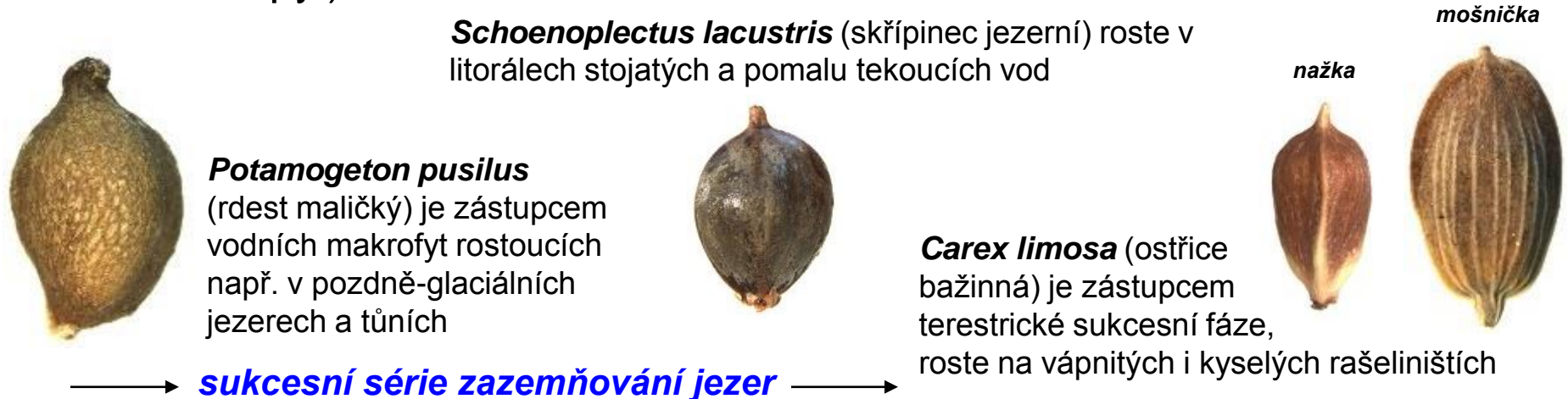
(Pokorný 2011)



# Poznání kvartéru – metody paleoekologie

## ▪ makrozbytky rostlin

- zachovávají se ve vlhkých přírodních (rašelinné, slatinné, limnické) a antropogenních sedimentech (odpadní jámy, hlinité výplně zbytků budov)
- typy makrozbytků: **generativní** (semena a plody, oogonia Characeae) a **vegetativní** části (dřevo a uhlíky – antrakologie, mechorosty, pletiva cévnatých rostlin, jehlice, šišky)
- identifikace možná často do druhu
- ukazují spíše lokální kontext, např. umožňují ověření sukcesních sérií popsaných původně na základě recentní vegetace (sukcesní stádia při zazemňování jezer byla původně popsána na základě recentní zonace)
- lokální charakter je výhodou např. při dokládání refugií druhů (dřevo versus pyl)





# Poznání kvartéru – metody paleoekologie

- <http://www.sci.muni.cz/botany/mirecol/paleo/>
- ca 200 lokalit, > 3000 vzorků obsahujících > 600 druhů rostlin

## Databáze rostlinných makrozbytků České a Slovenské republiky

Úvod

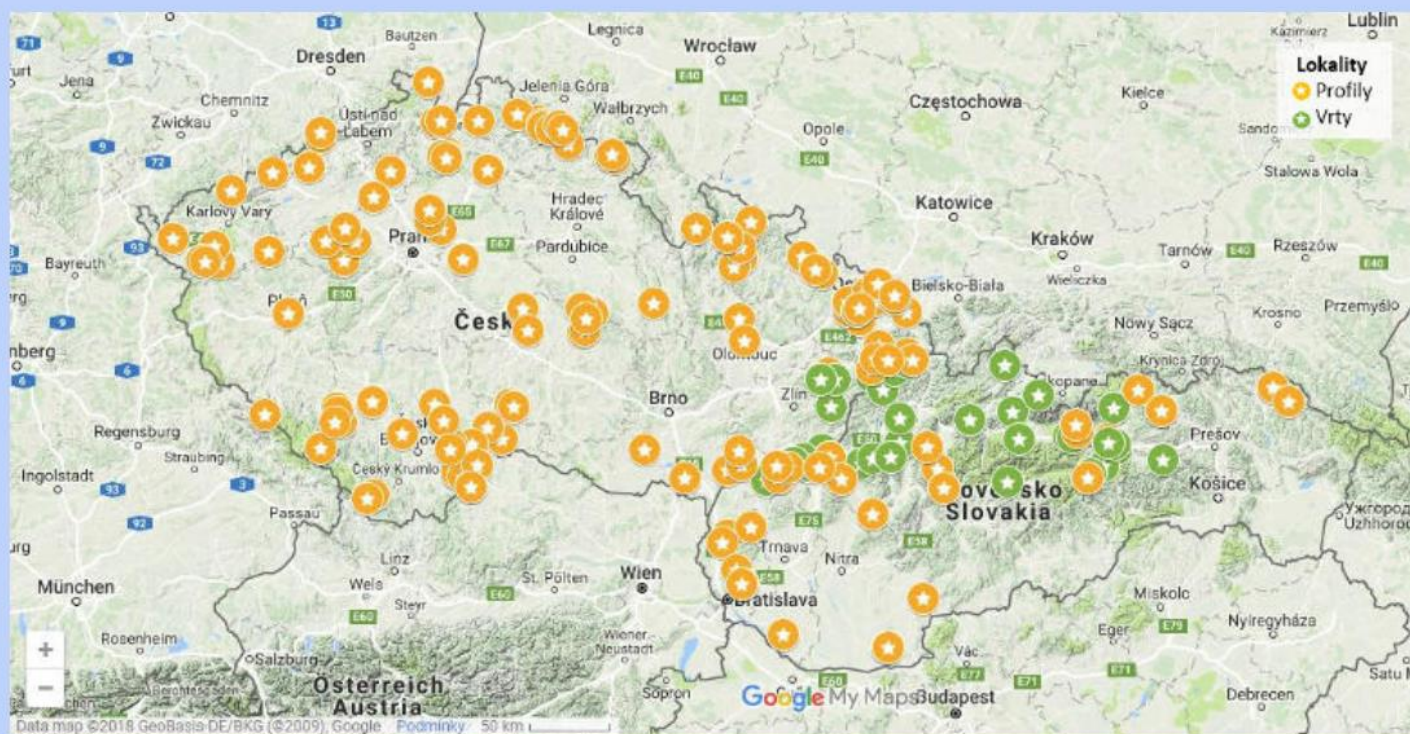
Přehled lokalit

Vybrat taxon

Vybrat období

Publikace

EN



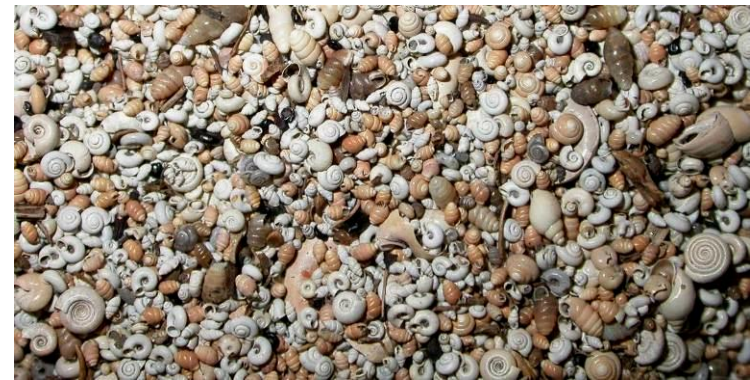
## ■ schránky měkkýšů

- zachování vyžaduje vysoký obsah karbonátů v sedimentech
- ve vysokých počtech ve spraších, pěnovcích a vápencových sutích
- spolehlivé a relativně snadné určování do druhové úrovně
- možnost počítání jedinců – odhad abundancí
- ukazují lokální podmínky a sukcesní stádium stanoviště
- 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, malé fylogenetické změny (ve srovnání s obratlovci)
- detailně rozpracované využití v kvartérní ekologii – rekonstrukce vývoje přírody (také např. rekonstrukce paleoteploty)



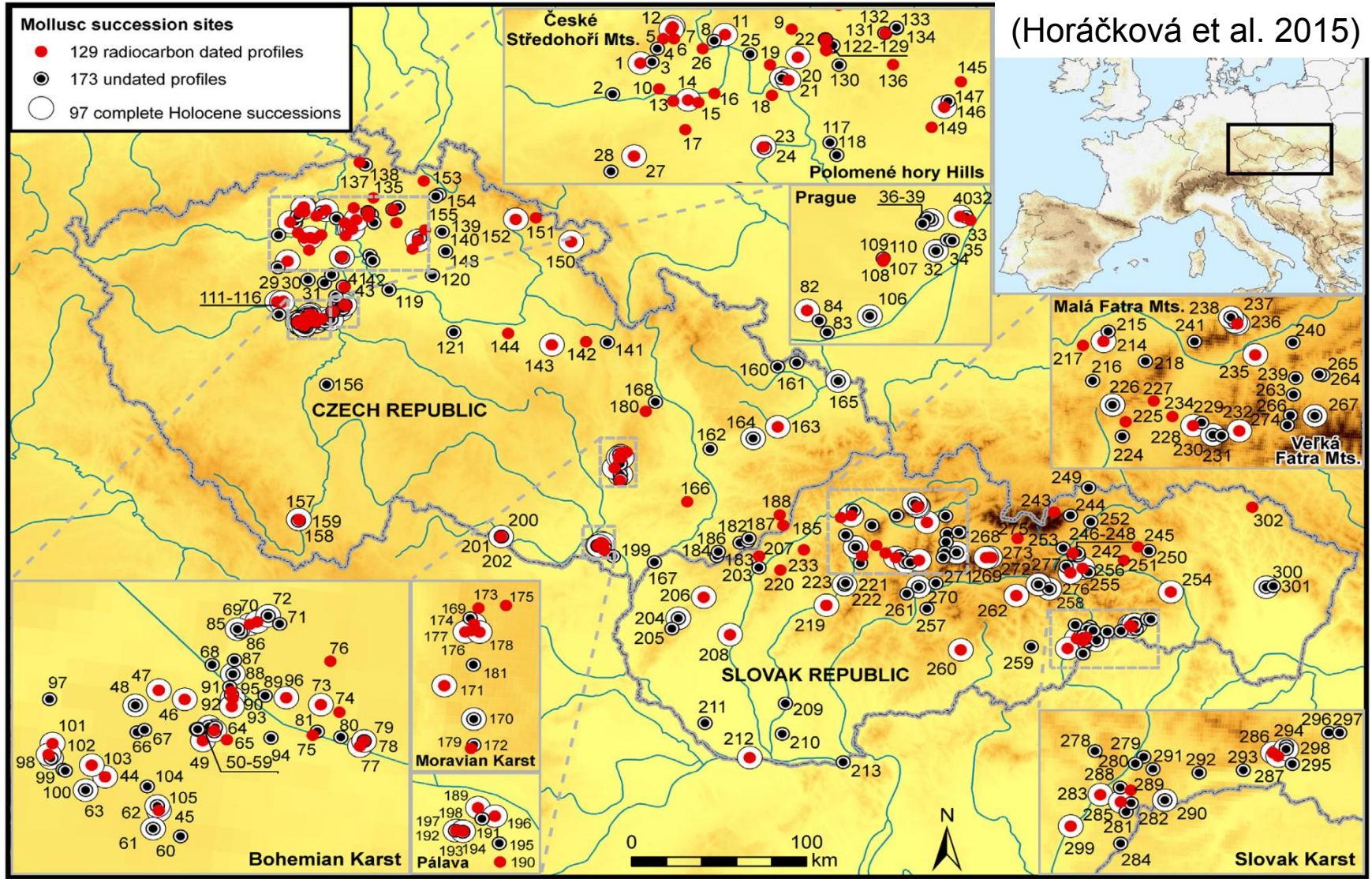
***Pupilla loessica*** (zrnovka sprašová) – jeden z vůdčích druhů sprašových malakofaun, přežila ve stepích jižní Sibíře

*Výplav sedimentu pěnovcového mokřadu*



# Poznání kvartéru – metody paleoekologie

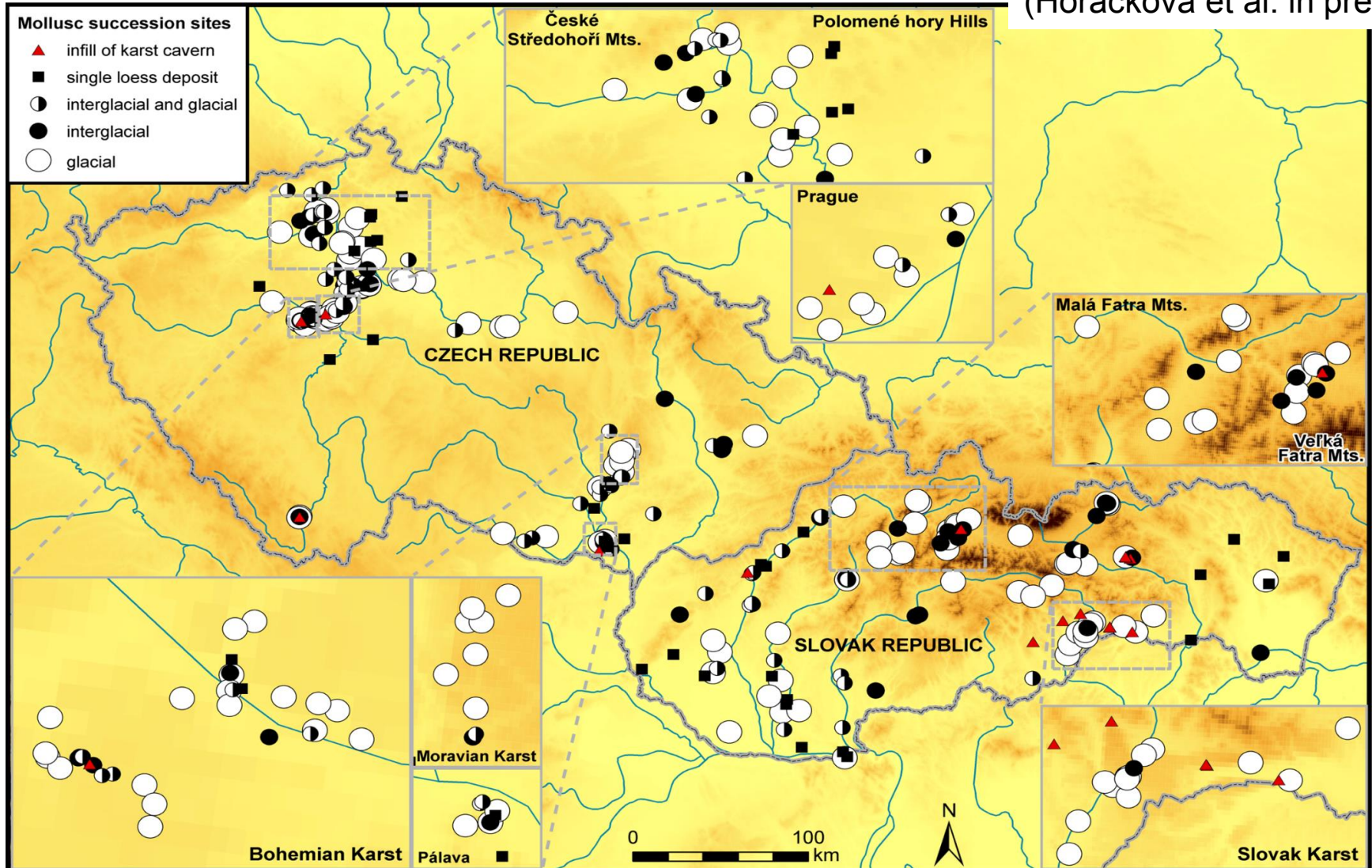
- pozice 330 holocenních profilů na území ČR a SR (naprostá většina zpracována V. Ložkem); aktuálně evidováno 370 profilů



# Poznání kvartéru – metody paleoekologie

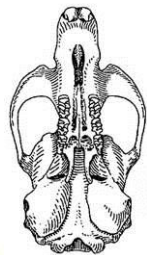
- pozice pleistocenních profilů na území ČR a SR (naprostá většina zpracována V. Ložkem); aktuálně evidováno 410 profilů

(Horáčková et al. in prep.)



## ▪ kosti obratlovců

- nálezy jsou většinou řídké, neumožňují detailnější statistické zhodnocení
- vyšší koncentrace v krasových oblastech: zejména v jeskyních, u pat skalních stěn, méně v pramenech bohatých na CO<sub>2</sub>, hojně ve spraších
- determinace možná do druhové úrovně, výhodou je vysoká různorodost
- tři skupiny (Horáček & Ložek 1988): (i) **velcí savci** – hodně pohybliví, spíše jednotlivé nálezy, (ii) **netopýři** – pouze v hlubších jeskyních, ale více stenovalentních a indikačně důležité druhy, (iii) **drobní zemní obratlovci** – nejdůležitější, vysoká diverzifikace i během kvartéru, **paleobiogeografický a chronostratigrafický význam**
- v porovnání s měkkýši jsou spíše eurytopní a více pohybliví – odráží podmínky v širším okolí naleziště



***Glis glis*** (plch velký) – typický druh interglaciálních faun, složených převážně z lesních teplomilných druhů

***Microtus gregalis*** (hraboš úzkolebý) – vůdčí druh glaciální fauny, dnes žije v tundře a stepo-tundře severu a středu Asie



# Poznání kvartéru – metody paleoekologie, přehled a principy

- princip **aktualismu**: nároky druhů jsou v čase neměnné – znalosti autekologie současných populací využíváme k paleorekonstrukci – většina kvartérní bioty stále někde přežívá (extinkce hlavně u velkých obratlovců)
  - odlišnosti existují: časová a často prostorová odlišnost, rozdílné biotické interakce atd.
- vhodná je kombinace více taxonomických skupin
  - různé fosilizační nároky = výpovědi o různých stanovištích/podmínkách (rostliny, měkkýši, obratlovci, krytenky, pakomáři, lasturnatky, perloočky)
  - makrozbytky rostlin a pylová zrna hlavně z rašelinných sedimentů – vlhké a kyselé prostředí vyšších poloh
  - měkkýši a obratlovci – vápnité oblasti a sedimenty (svahoviny, naplaveniny, výplně jeskyní, pramenné vápence), vyšší spektrum reliéfu a nadmořských výšek
  - měkkýši a makrozbytky – lokální vs. pyl a obratlovci – regionální kontext
  - měkkýši indikují sukcesní stádium lesní vegetace vs. makrozbytky ukazující druhové spektrum vegetace
- přímá indikace – půdy a sedimenty tvořící se jen za určitých klimatických podmínek (např. pěnínce), biota poskytuje nepřímou indikaci – reaguje zpožděně

# Literatura

- Horáček I. & Ložek V. (1988): Palaeozoology and the Mid-European Quaternary past: scope of the approach and selected results. *Rozpravy ČSAV, ř. MPV*, 98: 1–106.
- Horáčková J., Ložek V. & Juříčková L. (2015): List of malacologically treated Holocene sites with brief review of palaeomalacological research in the Czech and Slovak Republics. *Quaternary International*, 357: 207–211.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): *Geologická minulost České republiky*. Academia, 436 pp.
- Ložek V. (1973): *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia, Praha, 372 pp.
- Ložek V. (2010a): Spraš a sprašová step – přehlížený biom ledových dob I. Spraš – zemina dvou tváří. *Živa*, 58/3: 98–101.
- Ložek V. (2010b): Spraš a sprašová step – přehlížený biom ledových dob II. Spraš – významný prvek glaciální krajiny. *Živa*, 58/4: 146–149.
- Pokorný P. (2010a): O čtvrtém řádu a o tom, jak se nakonec, neřád, zkomplikoval. I. Vznik kvartérní vědy. *Vesmír*, 89/3: 164–173.
- Pokorný P. (2010b): O čtvrtém řádu a o tom, jak se nakonec, neřád, zkomplikoval. II. Exploze věd o kvartéru ve 20. století. *Vesmír*, 89/4: 242–249.
- Pokorný P. (2011): *Neklidné časy. Kapitoly ze společných dějin přírody a lidí*. Dokořán, Praha.
- Soreghan G.S., Soreghan M.J. & Hamilton M.A. (2008): Origin and significance of loess in late Paleozoic western Pangaea: A record of tropical cold? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 268: 234–259.
- Záruba-Pfeffermann Q. (1943): Podélný profil vltavskými terasami mezi Kamýkem a Veltrusy. *Rozpr. II. Tř. Čes. Akad.*, 52, 9, Praha, 39 pp.