

POLLENEKBE ZÁRT KLÍMAVÁLTOZÁS: HIDEG-MELEG A JÉGKORSZAKBAN



Dr. Magyar Enikő
MTA-MTM-ELTE Paleontológiai
Kutatócsoport

Mi a pollen analízis és hogyan kapcsolódik a radiokarbon kormeghatározáshoz?

PALINOLÓGIA: a nyitvatermő és zárvatermő növények pollenjeivel valamint a harasztok, mohák, algák és gombák spóráival foglalkozó tudomány. Vizsgálja a sporomorfák morfológiai sajátosságait, képződésük, szállítódásuk és megőrződésük törvényszerűségeit.

POLLENANALÍZIS: a palinológiának a fosszilis pollenek vizsgálatával foglalkozó ága; leggyakrabban tavi/lápi üledékekben őrződnek meg a pollenek

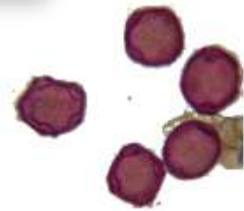
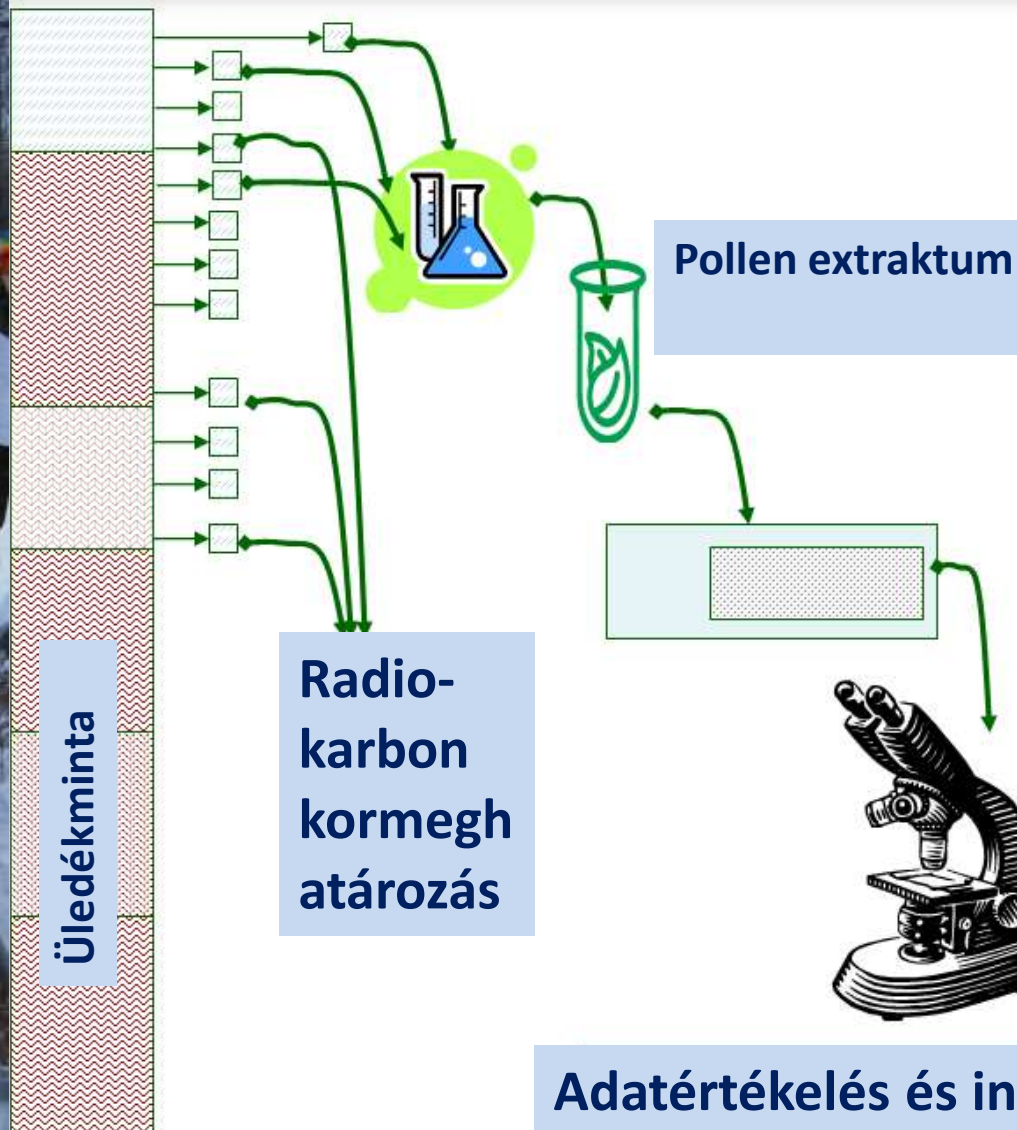
RADIOKARBON KORMEGHATÁROZÁS: A vizsgált üledékrétegek korát kapjuk meg a módszerrel. Szükséges ahhoz, hogy eredményeinket időben el tudjuk helyezni, más idősorokkal össze tudjuk vetni. A koradatok minősége fontos.



Illustration of the simple hardware configuration.



A pollen analízis módszertana



Tavi és lápi üledékekből radiokarbon kormeghatározásra használt üledék komponensek

- Szárazföldi növényi makrofosszília
- Faszén
- Pollen
- Vízi növények és állatok maradványai
- Teljes szerves anyag tartalom
- Biogén karbonát

Megbízható
koradat várható

Rezervoár
effektus,
bizonytalan
koradat várható

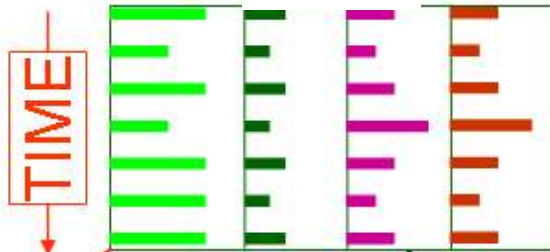


Pollen - növénytakaró összefüggése

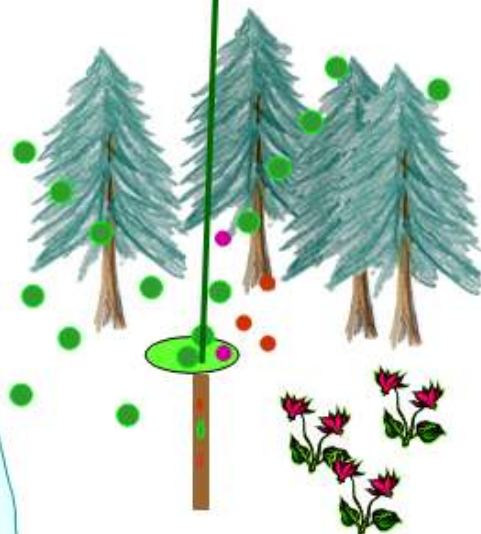
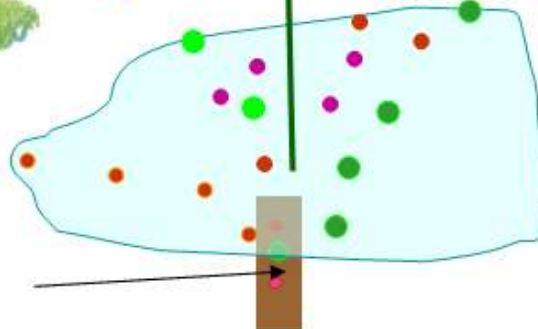
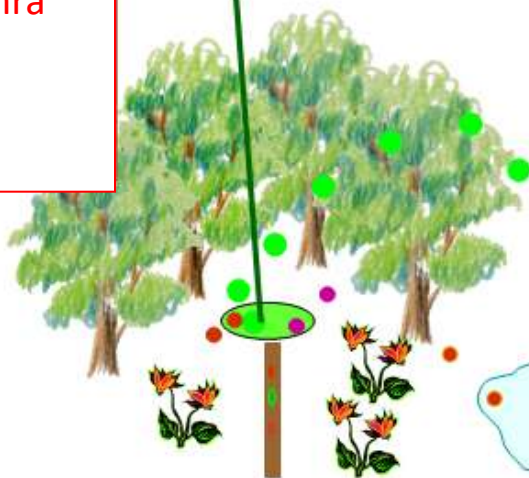
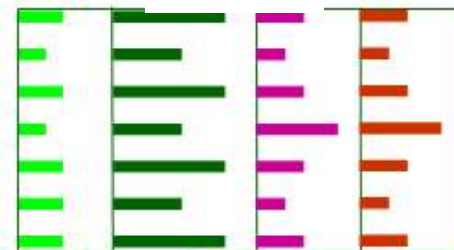
Lokális

Regionális

Lokális

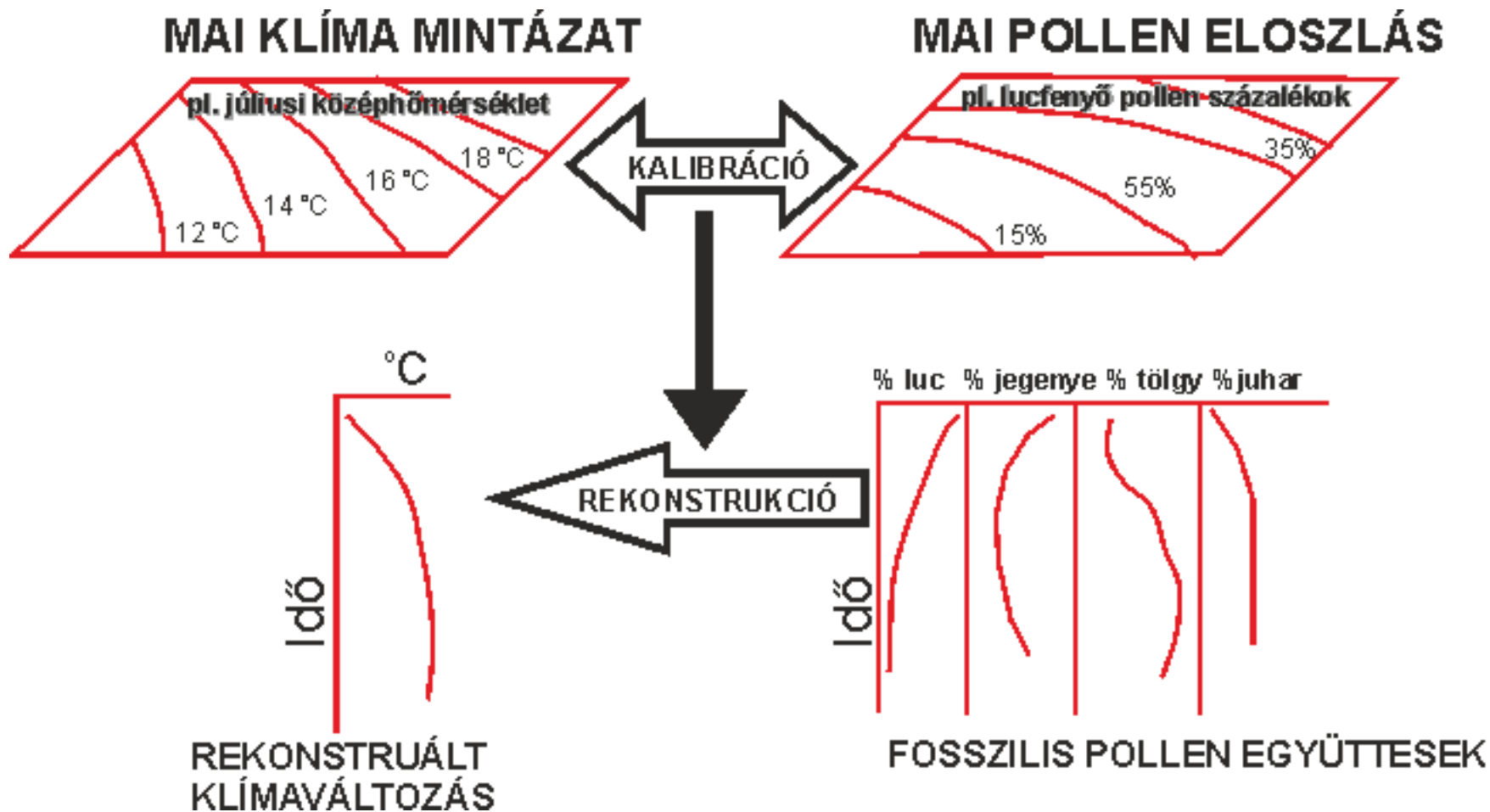


Pollenek mennyisége az összpollenszámmra vonatkoztatva százalékosan kifejezve



Tőzeg/tavi üledék
fúrás

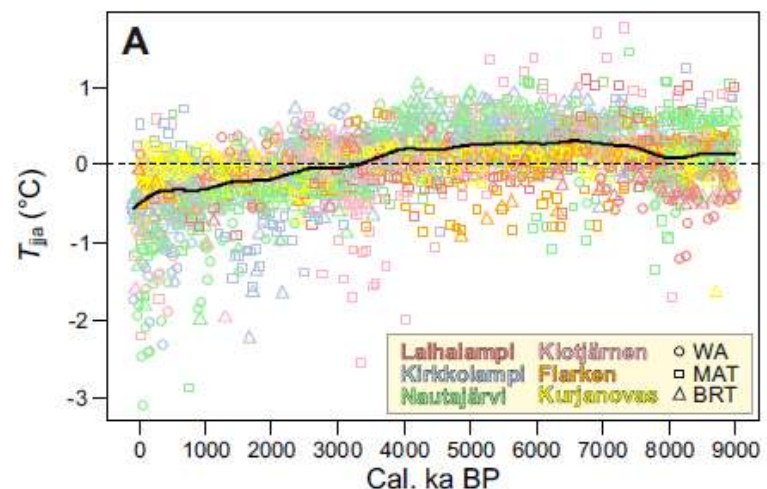
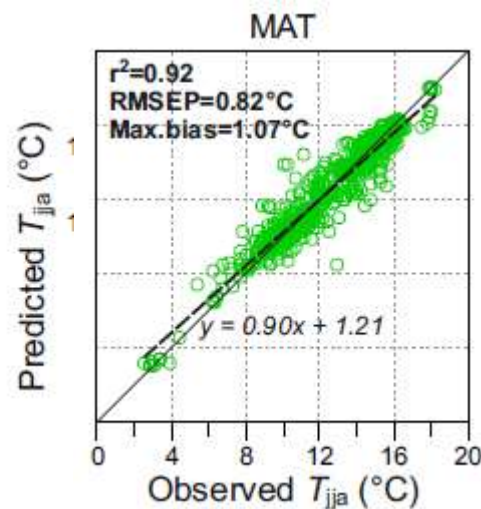
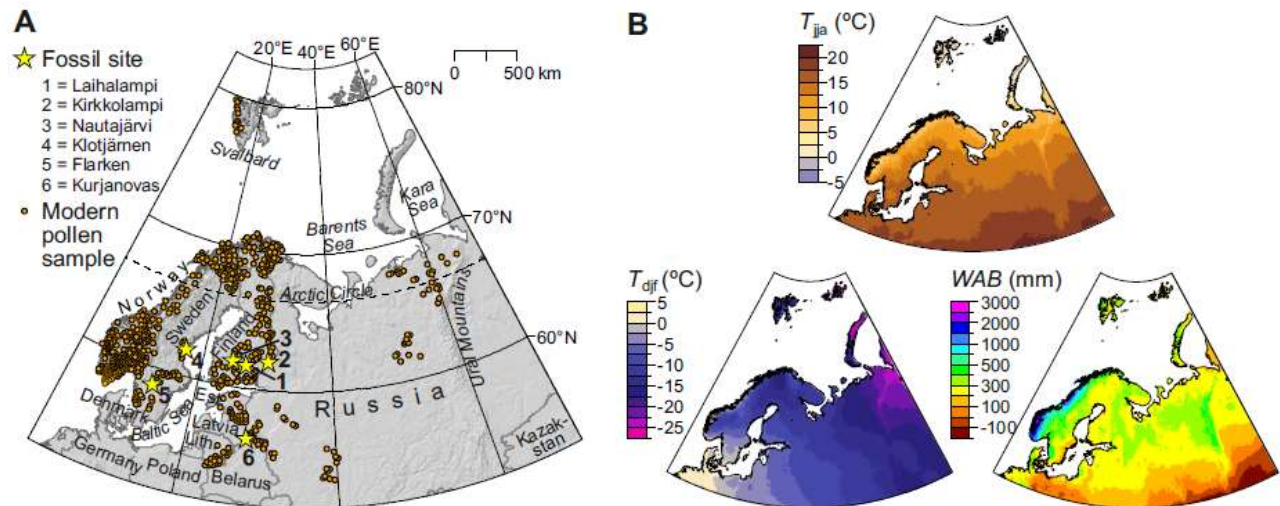
Pollenösszetétel – növénytakaró – klíma összefüggése



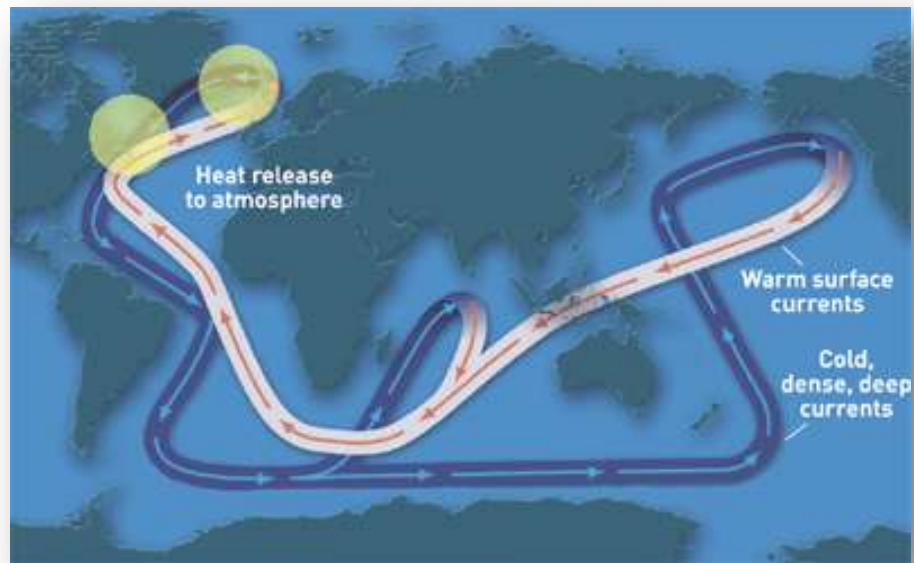
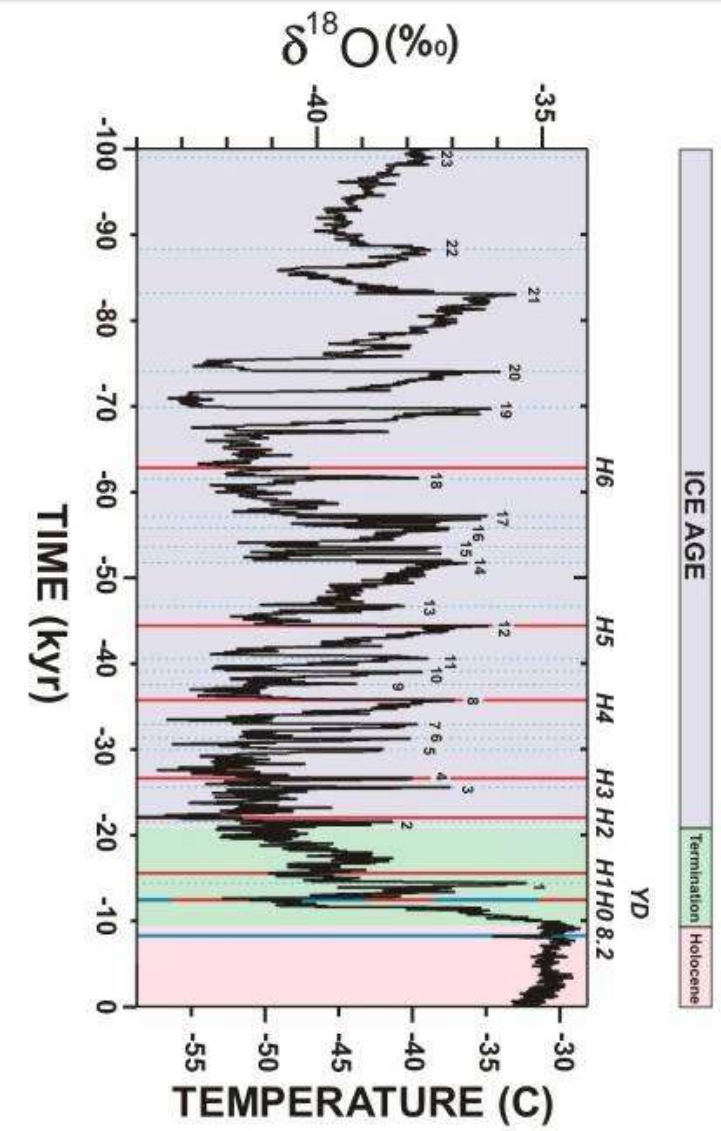
Pollen alapú klímarekonstrukció modern analóg módszerrel

A modern analóg rekonstrukciós módszer a fosszilis és recens pollenminták közötti különbözőséget számolja. Felszíni pollenminták és hozzájuk rendelt klímaadatok képezik a számolás alapját.

A leggyakrabban alkalmazott módszer, különböző hasonlósági/különbözőségi tesztek alkalmaznak, általában a 8 vagy 10 legközelebbi analóg klímaparaméterinek súlyozott átlagát veszik.



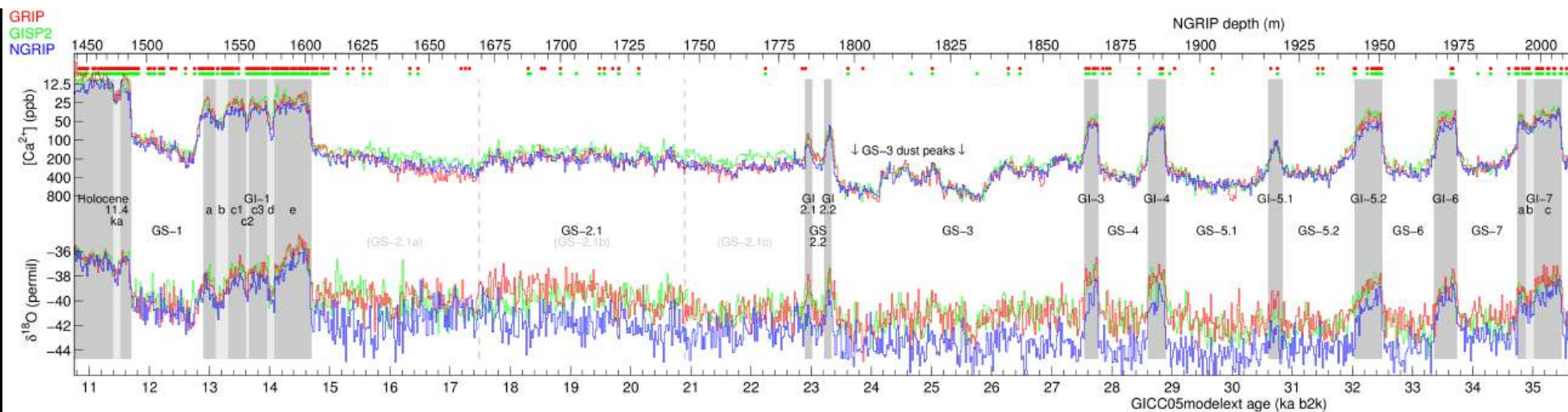
AZ UTOLSÓ ELJEGESEDÉS (WÜRM) EURÓPAI ÉGHAJLATVÁLTOZÁSAIT MEGÖRÖKÍTŐ GRÖNLANDI JÉGFÚRÁSOK EGYIKÉNEK (NGRIP) OXIGÉN IZOTÓP GÖRBÉJE



A Grönland felett rekonstruált hőmérséklet a würmben nagy amplitúdójú hideg-meleg fluktuációt mutat.

A kutatók azt feltételezik, hogy az éghajlati fluktuáció az észak atlanti tengeráramláson keresztül fejt ki hatását Európa éghajlatára.

A leghidegebb periódusokban az áramlás teljes leállítását és/vagy az áramlat északi leszálló pontjának délebbre tolódását feltételezik.



Rasmussen et al. in press INTIMATE group

- A 11-35 ezer évek közti időszakba belenagyítva látjuk, hogy ebben az időtartományban is számos nagy amplitúdójú hideg-meleg fluktuáció történt
- Az átmeneti melegedést jelző kevésbé negatív $\delta^{18}\text{O}$ és csökkenő Ca^{2+} értékek időtartama ebben az időszakban rövidül ahogyan 23 ezer év felé közeledünk: 800-600-200-100 és kevesebb mint száz év a meleg jel időtartama
- Az utolsó eljegesedés maximumát a GI- 3 melegedést követő tartósan hideg fázis jelöli ki 27,6 ezer évtől
- 14,7 ezer évtől elkezdődik a későglaciális felmelegedés, melyet hosszú melegebb és rövid hidegebb időszakok tarkítanak (GI-1)
- Az utolsó jelentős hideg a fiatal driász időszakban volt (GS-1)

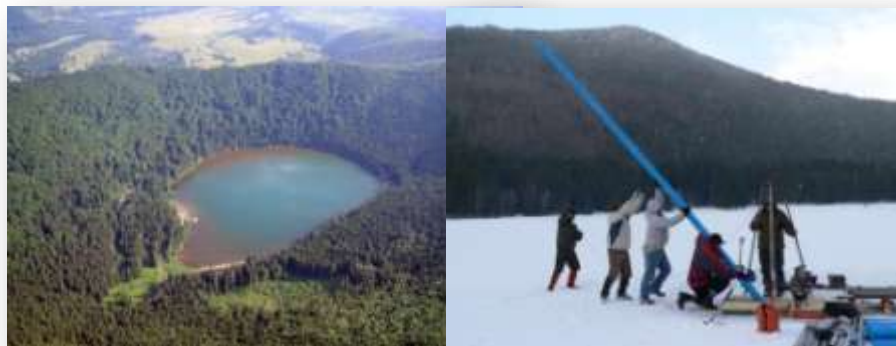
FONTOS FOGALMAK:

Dansgaard-Oeschger ciklus, Heinrich-esemény

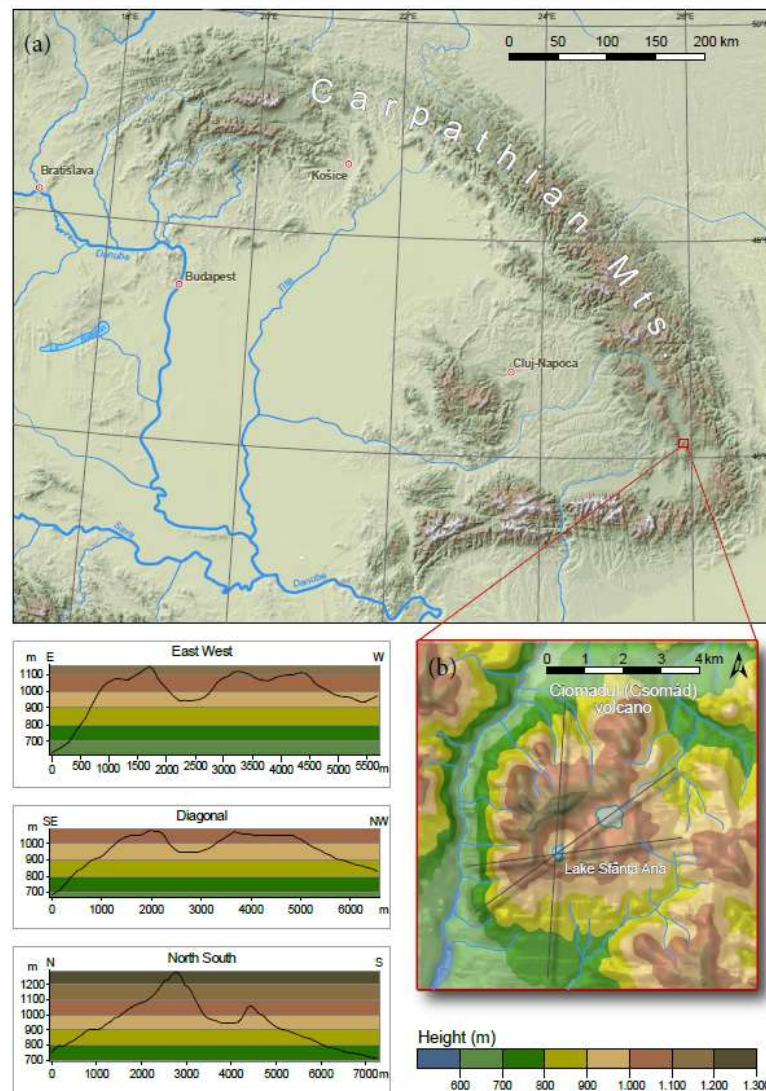
Milyen volt A Keleti-Kárpátok növényzete és klímája az eljegesedés maximumán? Célkitűzések

- Az utolsó eljegesedés maximumának klímafluktuációra adott növényzeti válaszok tanulmányozása, kimutatható-e vegetációs válasz, van-e eltérés az egymást követő felmelegedésekre és lehűlésekre adott növényzeti válaszreakciók közt?
- Kvantitatív nyári középhőmérséklet rekonstrukció tavi üledék alapján, eltér vagy hasonlít a klímamodellhez, grönlandi jéghez?

A vizsgált terület a Keleti-Kárpátokban: a Kárpátok legfiatalabb krátertava a Szent Anna-tó



Szent Anna-tó ($46^{\circ}7'35''\text{É}$, $25^{\circ}53'17''\text{K}$; 950 m): az erősen kontinentális K-Kárpátokban van a bükkös övben. Hideg mikroklímájú kráter, termális inverzió jellemzi, regionálisan diverz klímájú területek veszik körül, több meleg mikroklímájú hegyoldallal. A kráter utolsó kitörése ~30 ezer éve.



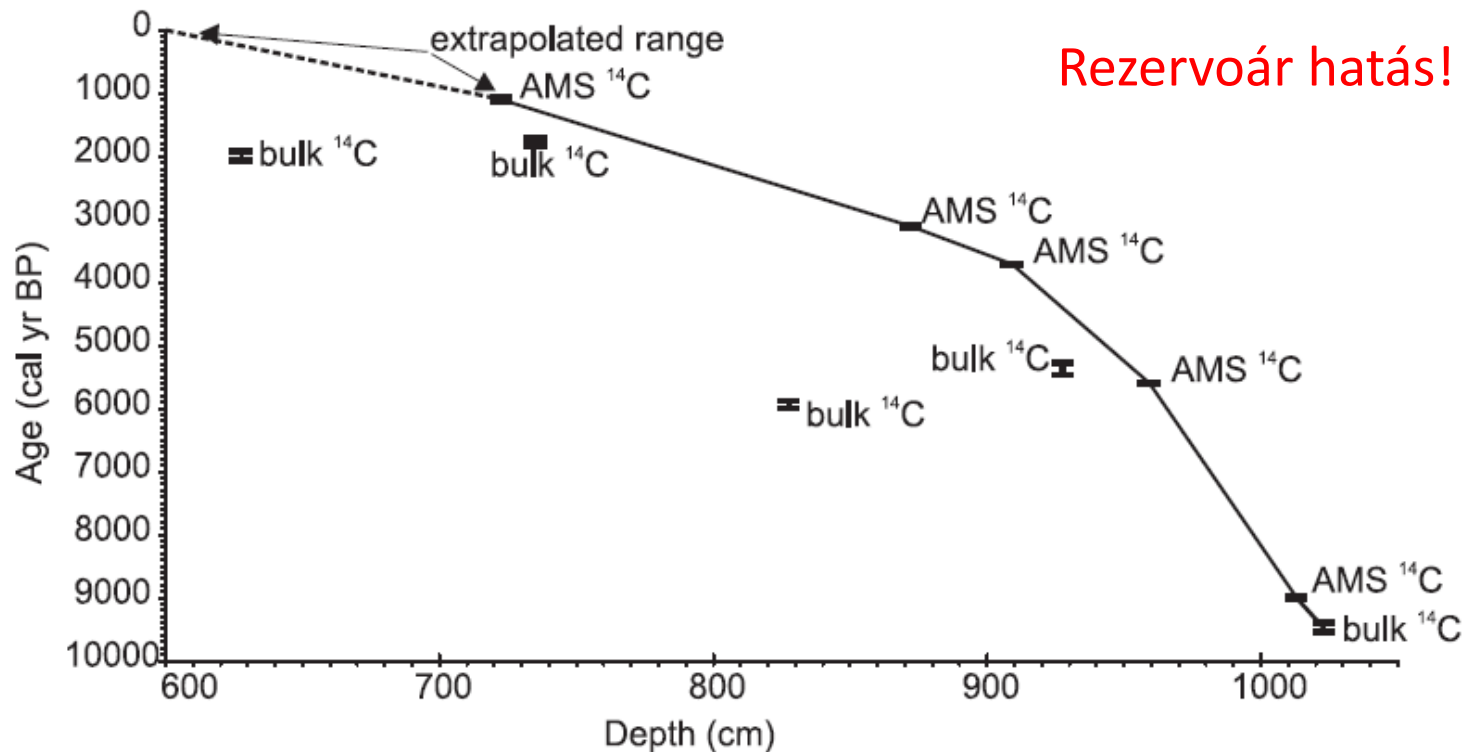
Az üledék radiokarbon kormeghatározásának problematikája

- Az eljegesedés maximumán nagyon kevés az üledékben a szerves anyag (2-4%)
- növényi makrofosszília nincs az üledékben, a krátert alig borította növényzet
- A vízi makrofosszíliák kormeghatározása rezervoár hatással terhelt lehet! (idősít)



Depth (cm)	Lab code	Material dated	conv. age (yr BP)	±	Calibrated range BP (2σ)	Age (cal BP) age used for linear modelling	±	Carbon weight (mg)	Remarks
980-982	COL1116.1+2.1	Sphagnum leaves and stems, Picea abies needles, bract scales	6246	26	7155–7258	7206.5	51.5	1	
1000-1002	COL1117.1+2.1	moss leaves and stems, bract scales, periderm	8216	28	9082–9286	9184	102	1	
1036-1038	COL1118.1+2.1	Charcoal, moss stems, periderm, bract scale	10739	42	12,562–12,742	12652	90	0.58	
1072-1073	COL1119.1.1	micro & macrocharcoal	14038	38	16,830–17,263	17046.5	216.5	1	
1091-1092	COL1121.2.1	herb stems, likely Cyperaceae stem	15400	44	18,556–18,784	18670	114	1	rejected in linear model
1126-1127	COL1122.2.1	Cyperaceae stem/leaf fragments	14541	67	17,371–17,976	17673.5	302.5	0.26	
1340-1342	COL1123.1+2.1	Charcoal Cyperaceae stem fragments, chironomid head capsules, Cladocera egg	17338	84	20,290–21,138	20714	424	0.28	
1365-1366	COL1124.1+2.1	Cyperaceae stem fragments, chironomid head capsules, Cladocera egg	17626	96	20,523–21,387	20955	432	0.18	
1538-1540	COL1127.1+2.1	Moss leaves, stems, chironomid head capsules, Cladocera egg	19717	122	23,133–23,953	23543	410	0.13	
1661-1662	COL1128.1.1	Cladocera egg	21685	163	25400–26713	26056.5	656	0.09	

A Szent Anna-tó holocén üledékének radiokarbon kronológiája



A mérések az ATOMKI-ban és a Poznani radiokarbon laborban készültek 2003-2004-ben. Jelenleg zajló munkálatok az ATOMKI-ban: 32 pollen extraktum mérése zajlik jelenleg a jégkorszaki rétegekből, két méret szerinti frakció (10-44 és 44-88 μm) valamint makrofosszíliák ugyanazon rétegekből. Cél: egy új, hosszú fúrás pontos kormodellezése!

Az utolsó glaciális maximumát lefedő üledékrétegek pollen összetétele

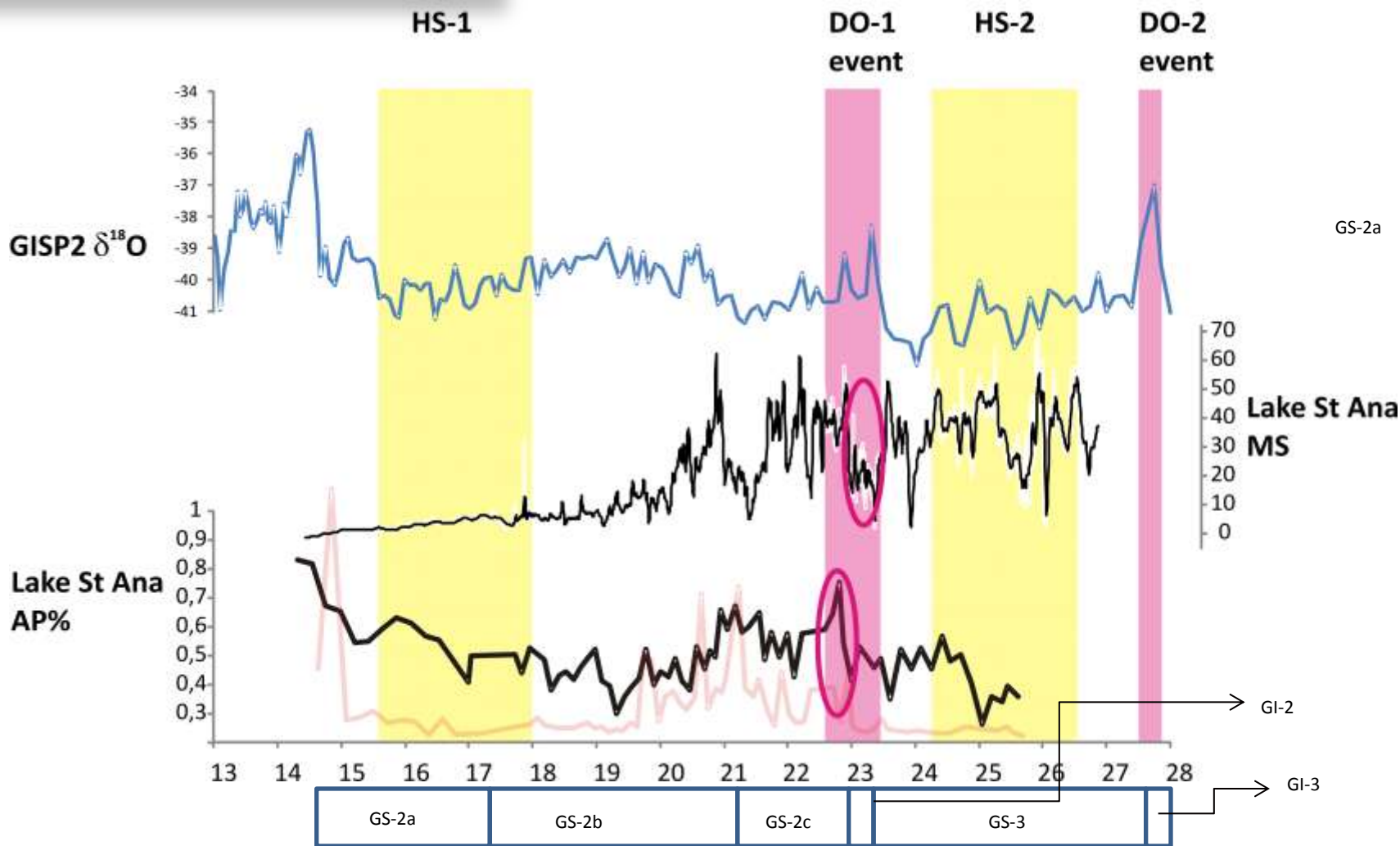


- Értékét az adja, hogy nagy időfelbontású pollen adatsor a térségből korábban nem volt ismeretes
- A fák pollenjeinek aránya (barna) kismértékű fluktuációt mutat
- 23-21 ezer évek közt sok a mikropernye az üledékben és sok erdei és cirbolya fenyő pollen → van erdei biomassa a térségben, erősen kontinentális a klíma
- *Az ürmök aránya alacsony az eljegesedés maximumán, a fűvek a leggyakoribbak*
- *A boróka magas aránya jellemzi ezt az időszakot*
- Lombhullató fák pollenjei jelen vannak, gyakran 2-15%, két csúcs (23, 21 ezer évek), csak az első esik egybe meleg időszakkal Grönlandon

A Szent Anna-tó mágneseszuszceptibilitás, pollen és mikropernye görbéinek összevetése a grönlandi jég $\delta^{18}\text{O}$ izotópszelvényével

LGM
(Peltier and Fairbanks, 2006)

LGM
(Svensson et al. 2006, 2008)



KUTATÁS „ANALÓG” VEGETATÁCIÓ UTÁN



F1. *Betula pendula* - *Pinus sylvestris*
mesic hemiboreal forest

F2. *Larix sibirica* dry hemiboreal
forest

F3. *Pinus sylvestris* dry hemiboreal
forest

F4. *Abies sibirica* - *Betula pendula*
wet taiga

F5. *Abies sibirica* - *Pinus sibirica*
mesic taiga



	Precipitation annual (mm)	Precipitation winter (mm)	Precipitation summer (mm)	Temperature annual (°C)	Temperature January (°C)	Temperature July (°C)
minimum	180	28	146	-12	-37	4,9
maximum	1636	352	1334	1,4	-16,5	19
average	576	110	463,6	-4,5	-24,2	12,1
szórás	362	75,7	296,2	3,1	6,2	3,6

mountain tundra

N4. *Spiraea media* - *Caragana*
pygmaea xeric scrub

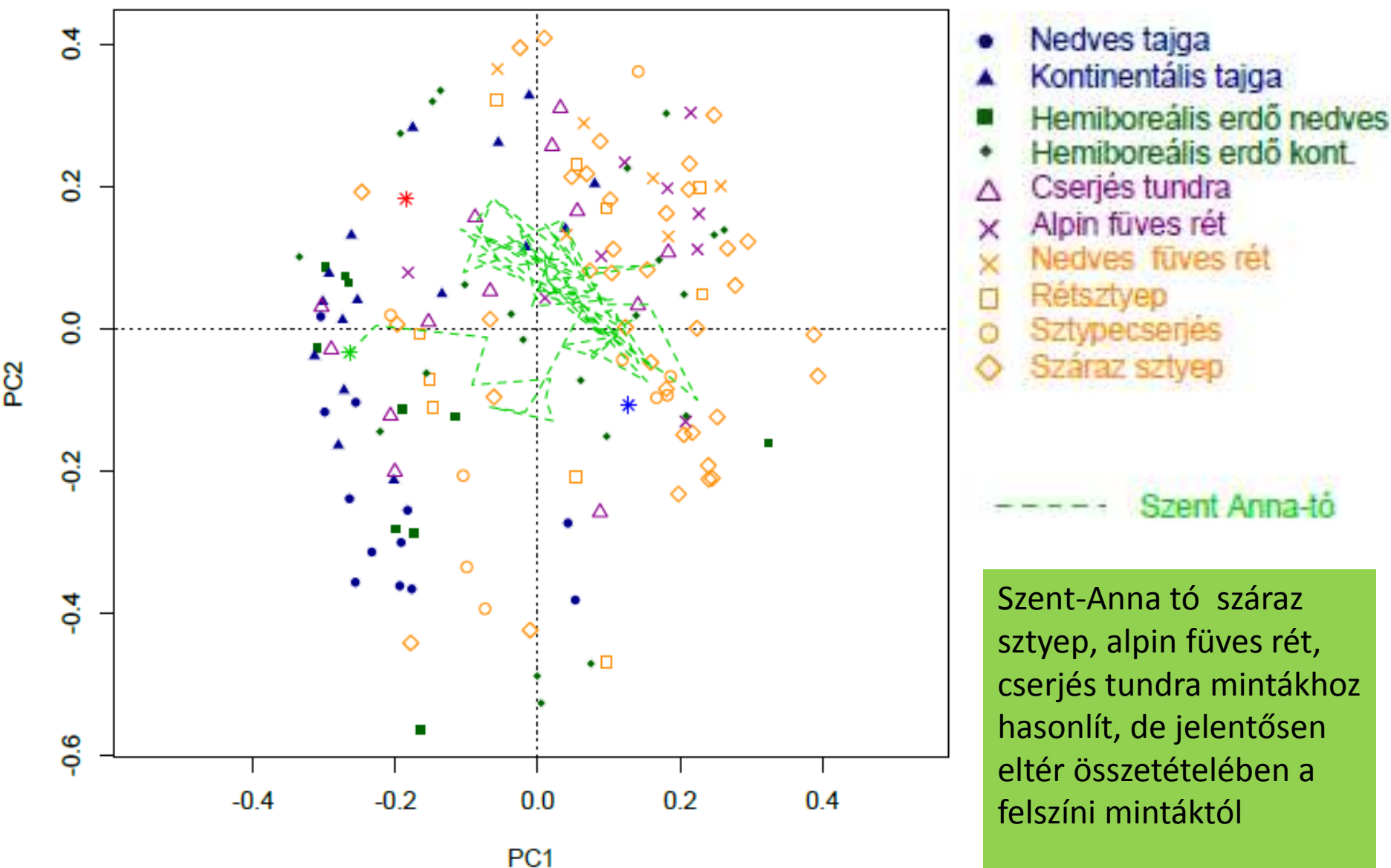
N5. Species-rich meadow steppe

N6. Dry Euro-Siberian steppe



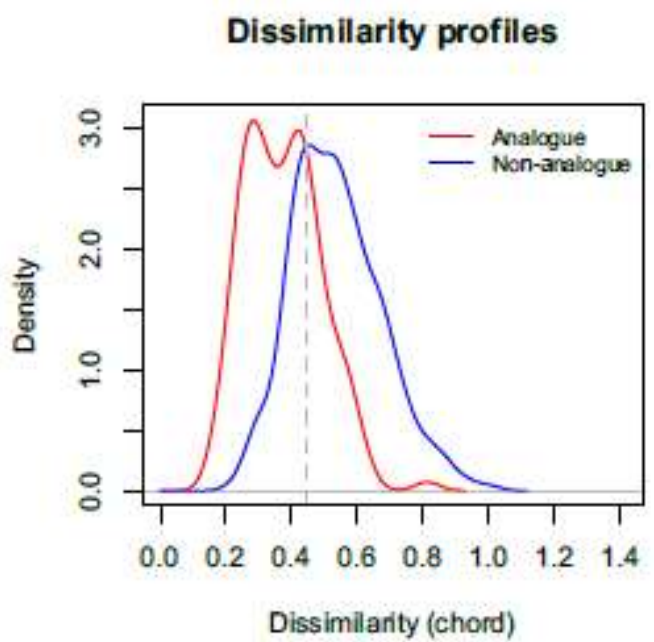
A főkomponens analízis eredményei

Mely mai növényközösséggel csoportosulnak a hideg és meleg időszakok mintái?



Szent-Anna tó száraz sztyep, alpin füves rét, cserjés tundra mintákhoz hasonlít, de jelentősen eltér összetételében a felszíni mintáktól

ROC analízis eredményei: Mennyire tekinthető statisztikailag szignifikánsnak egy modern és fosszilis pollen együttes hasonlósága?

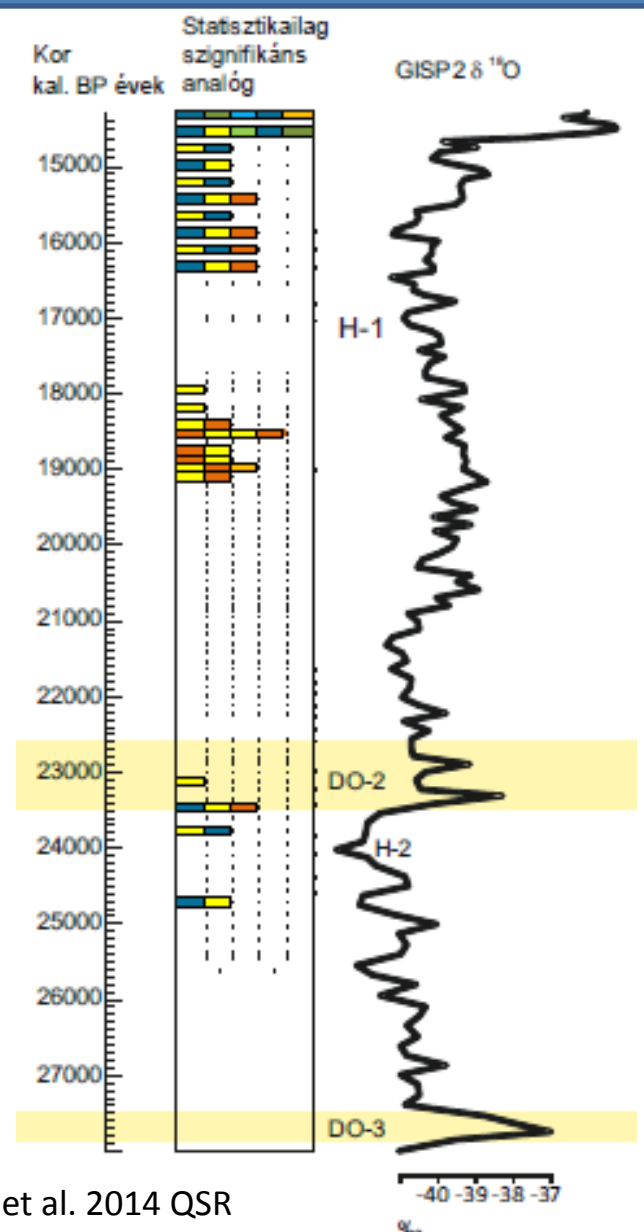


Kevés fosszilis mintának van statisztikailag szignifikáns analógja



A ROC analízis rávilágít hogy az analógok elkülönülnek, de kicsi a hűrtávolságbeli különbség a valós analóg és nem analóg minták közt

- Leggyakoribb analógok
- Hemiboreal forest continental
 - Hemiboreal forest suboceanic
 - Taiga continental
 - Taiga suboceanic
 - Dry steppe
 - Meadow steppe
 - Wet and mesic grassland
 - Shrubby tundra
 - Alpine grassland



A jégkorszaki meleg (GI-2, GI-3) időszakok mai analóg tájképei

Boreális erdős sztyep erdei fenyő,
vörösfenyő dominálta erdőfoltokkal

Kontinentális tajga erdő

Nedves arktikus rét

Száraz sztyep



A jégkorszaki hideg (GS-2, GS-3) időszakok mai analóg tájképei

Hemiboreális erdő erdei fenyő, vörösfenyő
dominálta erdőfoltokkal, nedves arktikus rét
száraz sztyep, cserjés tundra

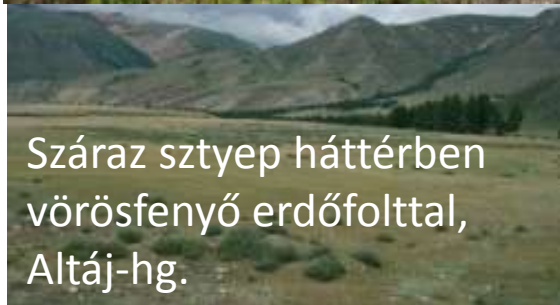
Allúviális sík,
nedves arktikus
láprét



Cserjés tundra
Altáj-hg.



Poláris erdőhatár, Kanada

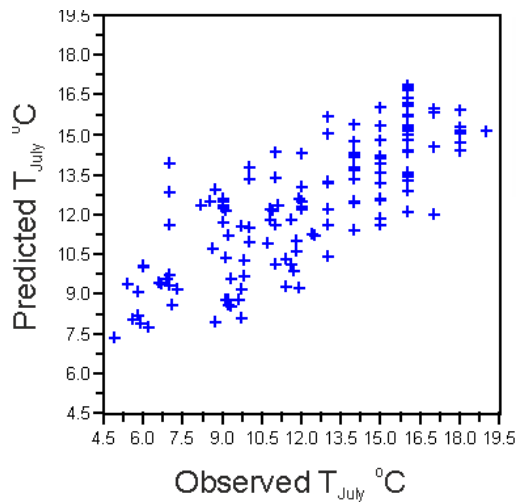


Száraz sztyep háttérben
vörösfenyő erdőfolttal,
Altáj-hg.



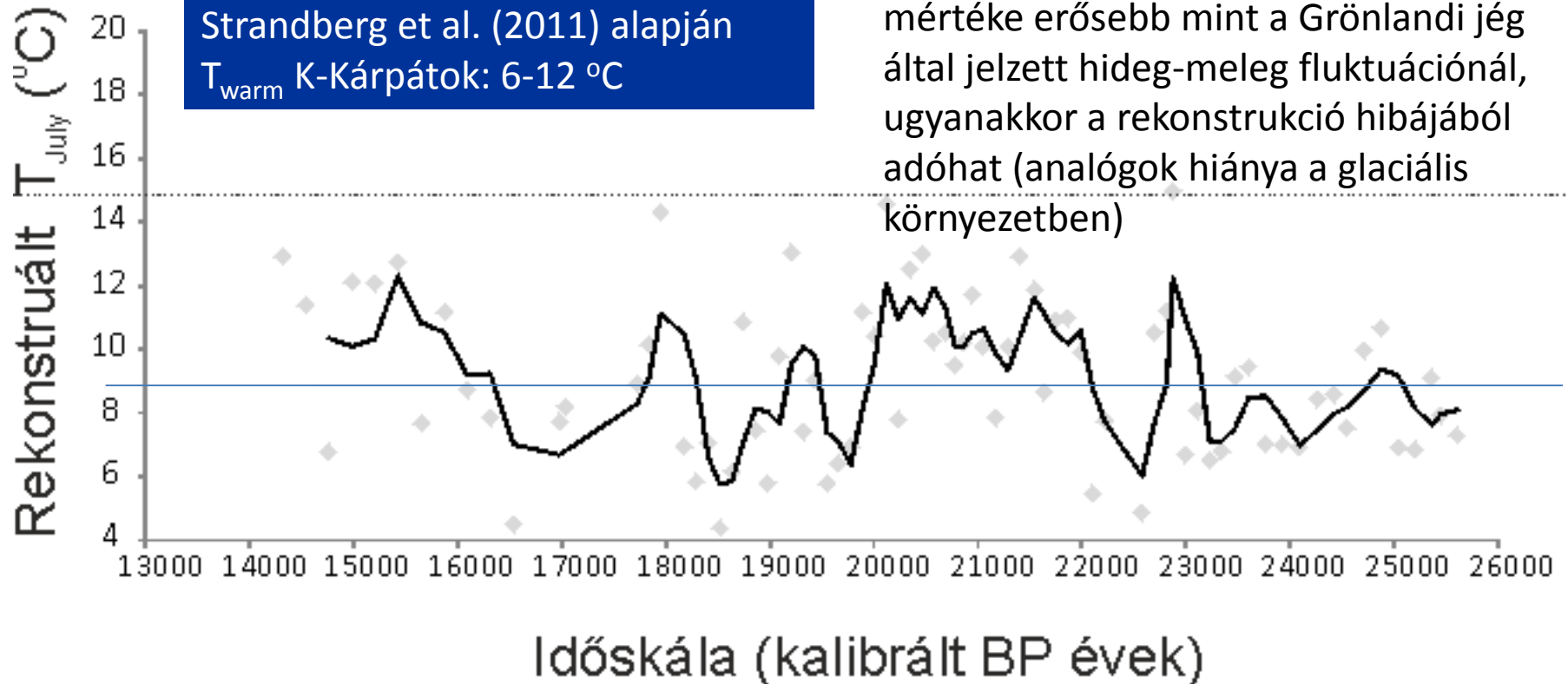
Nedves és száraz
sztyep, Altáj-hg.

Júliusi középhőmérséklet rekonstrukció a dél-szibériai felszíni minták alapján



- Átlagosan a maitól $\sim 7\text{-}8^\circ\text{C}$ -al alacsonyabb júliusi középhőmérséklet
- A pollenek alapján rekonstruált érték minimuma alacsonyabb a modellezettnél de átlaguk egyezik!
- Erősen ingadozóak még a futó átlaggal származtatott értékek is, a fluktuáció mértéke erősebb mint a Grönlandi jég által jelzett hideg-meleg fluktuációnál, ugyanakkor a rekonstrukció hibájából adóhat (analógok hiánya a glaciális környezetben)

KP klímamodell eredmények
Strandberg et al. (2011) alapján
 T_{warm} K-Kárpátok: $6\text{-}12^\circ\text{C}$



KONKLÚZIÓK

- ❖ A Kárpátokban a klímafluktuáció „hideg” periódusai és „meleg” periódusaira adott növényzeti válasz nem azonos amplitúdójú minden hideg és meleg fázisban. Alapvetően késleltetett, a mérsékeltövi és boreális fák terjedése jellemzi, míg a hideg időszakokban a fás vegetáció kismértékű visszaszorulása figyelhető meg a Keleti-Kárpátokban.
- ❖ Az analóg vizsgálatok eredményei arra utalnak, hogy a relatíve magas fapollen százalékok ellenére a glaciális maximum idején nyílt vegetációjú (sztyep, tundra) területek domináltak a Keleti-Kárpátokban.
- ❖ Az utolsó eljegesedés maximumának növényzetére nehéz analógiát találni ma Földön, a feltételezett D-szibériai térségben kevés esetben sikerült szignifikáns vegetáció analógot találni, amikor igen, akkor az főként nyílt vegetáció volt: füves sztyep, nedves rét, száraz sztyep, és csak kevés esetben kontinentális tajga vagy hemiboreális erdő.



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Támogatóink:

OTKA NF101362

Humboldt Fellowship

Bólyai Ösztöndíj (BO/00518/07)

Czech Science Foundation (project no. P504/12/0649, . P504/11/0454)