



PRIMJENA IZOTOPA ^{14}C (^{13}C) U ISTRAŽIVANJU DINARSKOG KRŠA

Nada Horvatinčić
Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivnosti
Zavod za eksperimentalnu fiziku
Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Predavanje na Univerzitetu u Novom Sadu, PMF, 26.10.2016.

Dinarski krš/kras/karst - područje prekriveno vapnencima i dolomitima

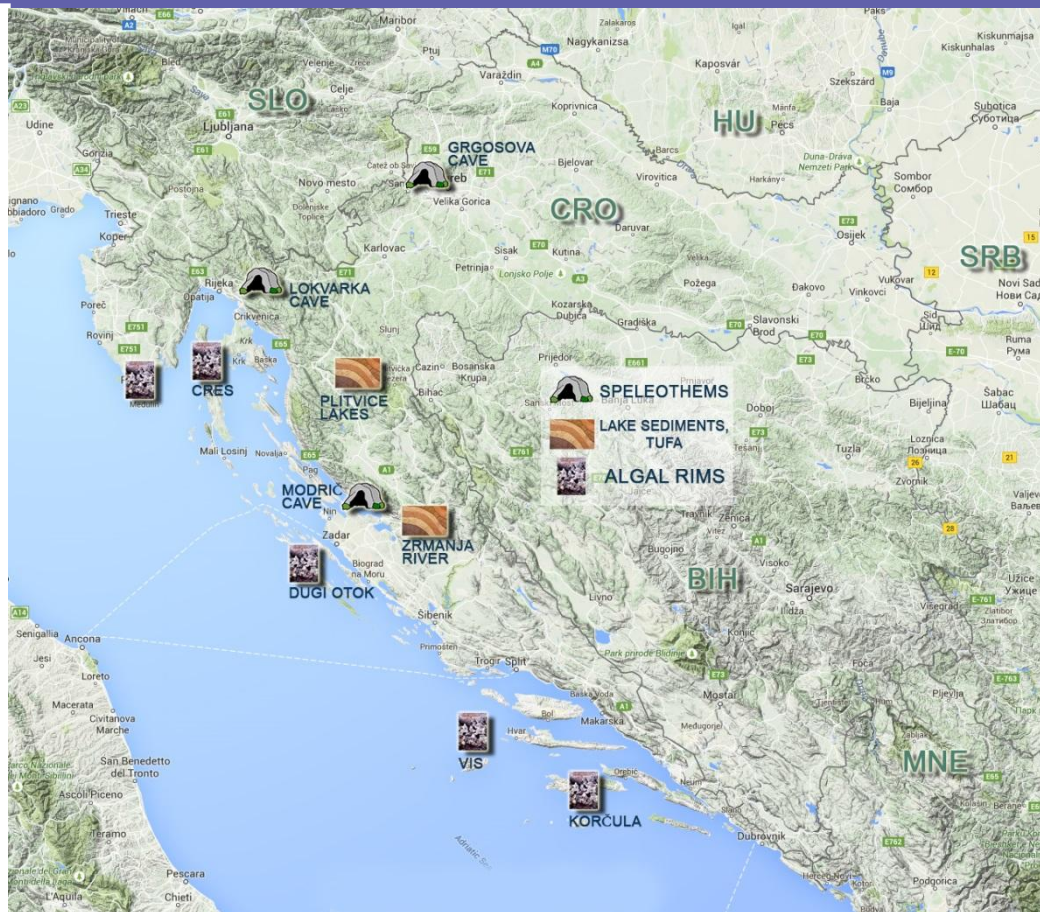
- istraživanje karbonatnih sedimenata u rijekama, jezerima, sigama u spiljama, morskih sedimenata (potopljene sige, algi trotoari)

DINARIC KARST



- WATER-BEARING SEDIMENTS IN RIVER BED ROCKS
- DISTINCTIVE KARST IN CARBONATE ROCKS
- FLUVIAL KARST

- A** Plitvice Lakes National Park
- B** Zrmanja River
- C** Krka River National Park
- D** Postojna Cave



REQUENCRIM

Reconstruction of the Quaternary environment in Croatia using isotope methods (2014-2018)



- Projekt financiran od Hrvatske zaklade za znanost
- Period financiranja: 1.09.2014. - 30.08.2018.
- Ciljevi istraživanja:
klimatske promjene i promjene u okolišu u krškom području Hrvatske u periodu kvartara
- Istraživanje na karbonatnim sedimentima iz različitih klimatskih zona:
 - sige u spiljama iz različitih klimatskih zona
 - jezerski sedimenti - Plitvička jezera
 - sedra - rijeka Zrmanja
 - algni trotoari - obala Jadranskog mora
- Korištenje izotopnih metoda: stabilni izotopi $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/^1\text{H}$; radioaktivni izotopi ^{14}C , $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$

Očekivani rezultati Projekta:

- Odrediti razlike u paleoklimatskim/paleookolišnim uvjetima u različitim područjima Hrvatske
- Kako različiti karbonatni sedimenti bilježe/reflektiraju okolišne uvjete u vrijeme taloženja/formiranja
- Odnos između izotopnog sastava vode i istaloženog karbonata (ravnotežni uvjeti taloženja)
- Promjena nivoa mora u korelaciji s klimatskim promjenama u zadnjih 2 ka

Nacionalni park Plitvička jezera



Rijeka Zrmanja



Sige u spiljama



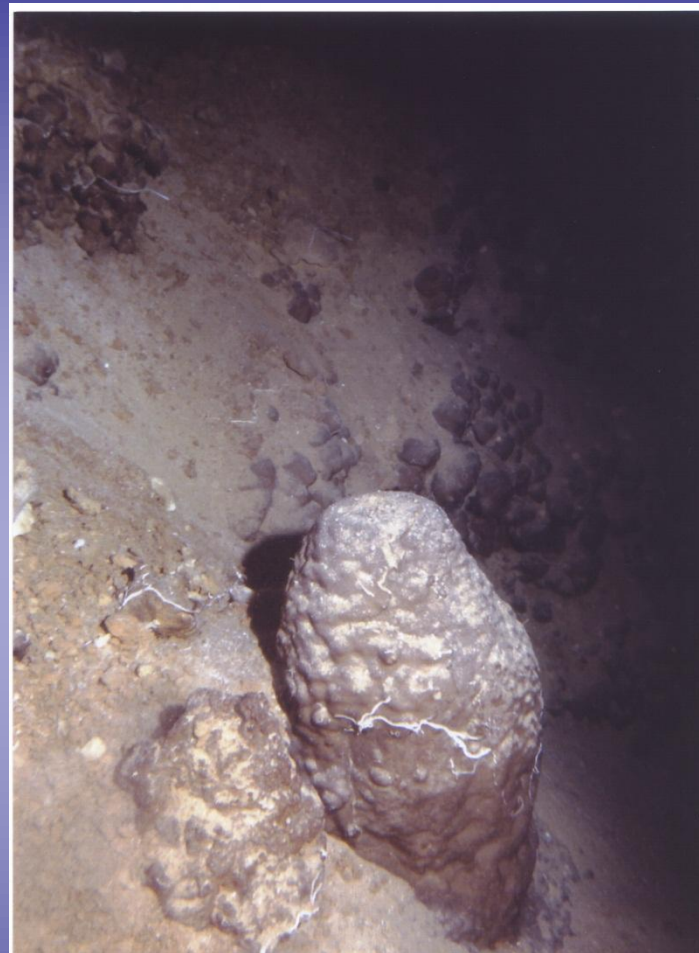
Sige iz potopljenih spilja u Jadranskom moru



1

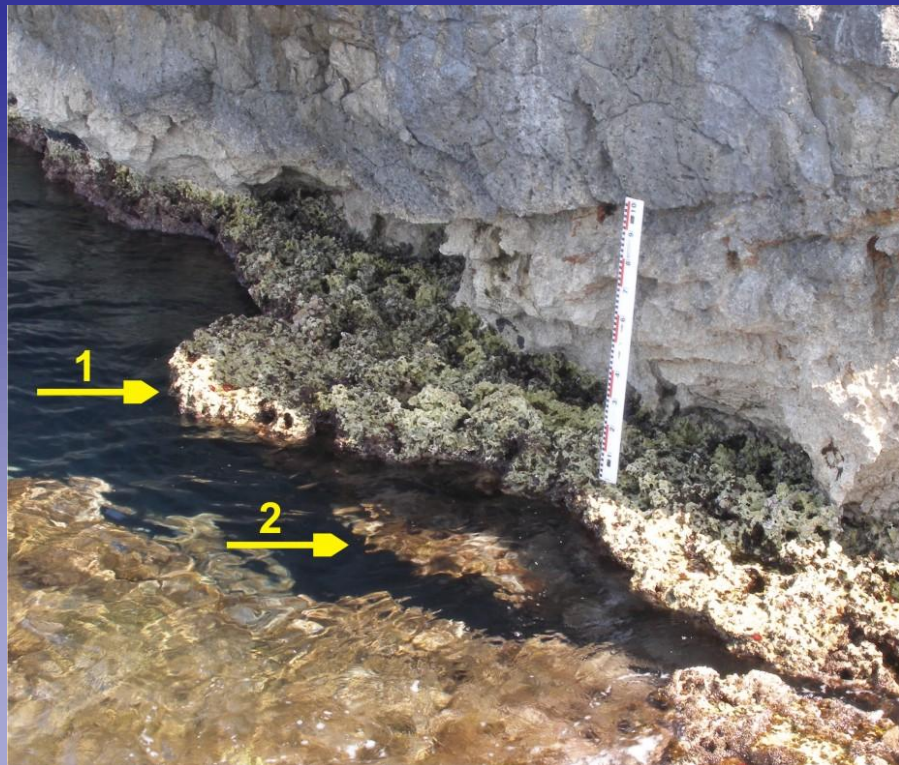


2



3

1. Otok Brač -38m
2. Mrtovnjak, Otok Iž
3. Otok Lošinj -10m



Morfologija *Lithophyllum* alnog trotoara na otoku Visu s dva dominantna nivoa



Morfologija *Lithophyllum* alnog trotoara na otoku Biševo s dva dominantna nivoa

Primjena rezultata istraživanja

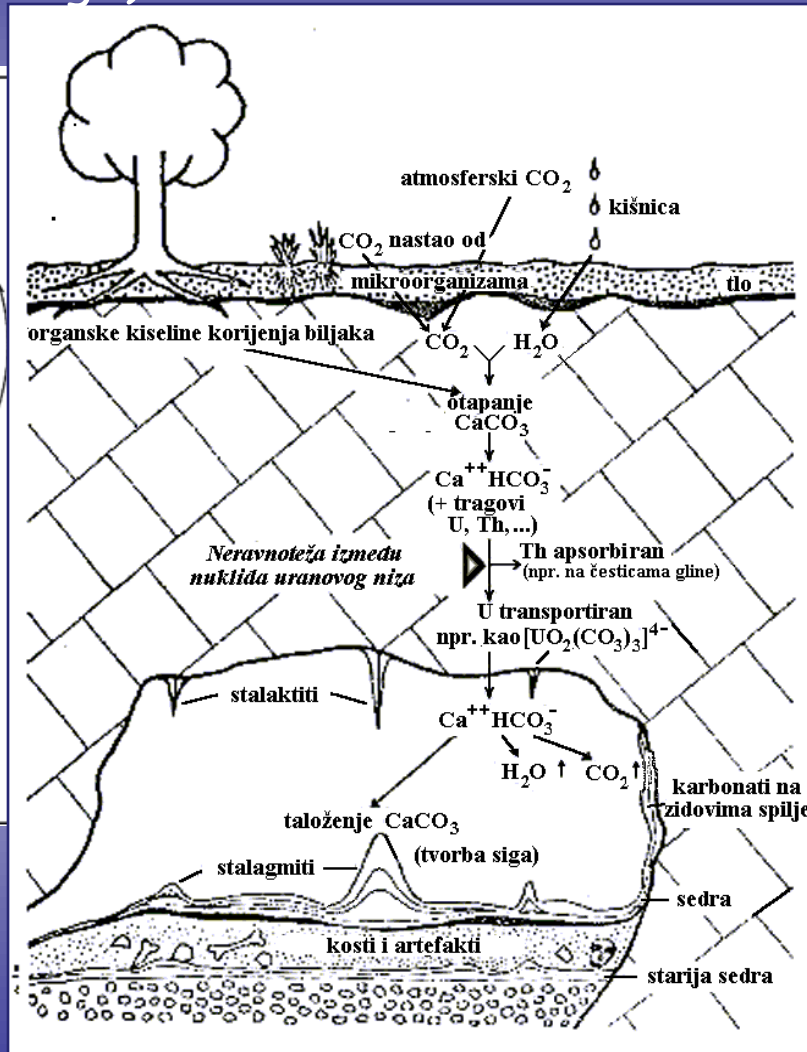
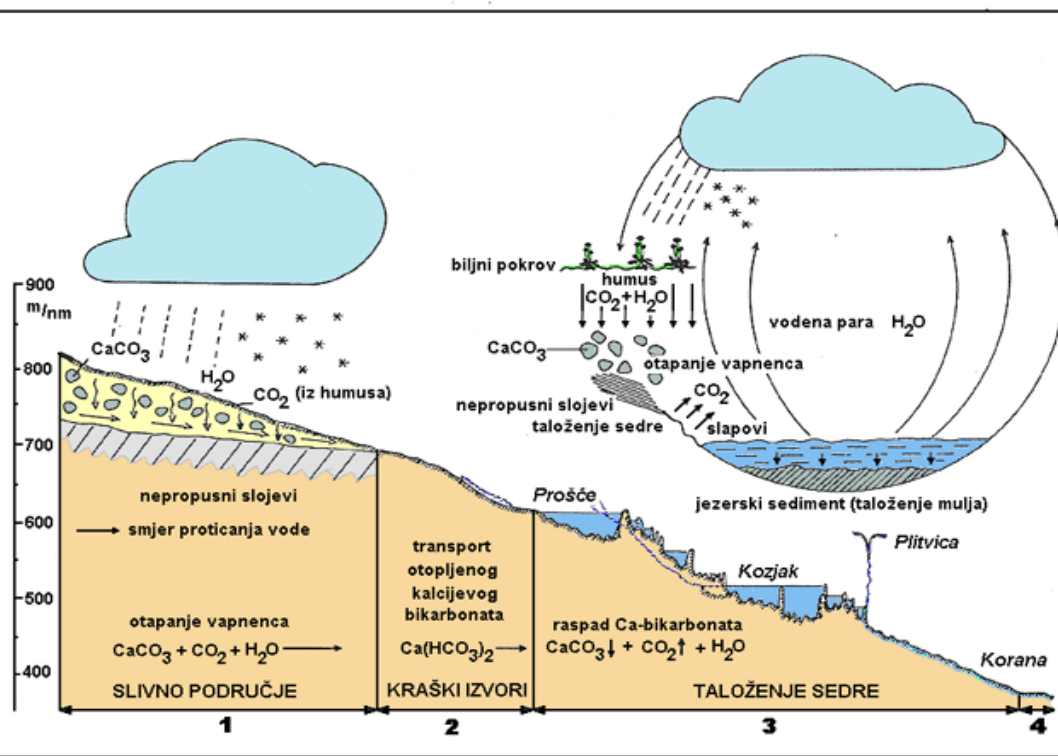
- ✚ Prosesi izmjene izotopa ^{14}C i ^{13}C u sustavu atmosferski CO_2 - otopljeni anorganski ugljik u vodi - istaloženi karbonati (geokemijski procesi u vodama)
- ✚ Antropogeni utjecaj/ zagađenje u okolišu (uključuje zrak, vodu, sedimente, bilje)
- ✚ Praćenje klimatskih promjena /promjena nivoa mora određivanjem ^{14}C starosti karbonatnih naslaga u formi šija, sedre, bioloških/algi trotoara u Dinarskom kršu

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\ln 2 / T_{1/2} \cdot t}$$

$$t = -8030 \cdot \ln \frac{A_t}{A_0}$$

$$a^{14}\text{C} \equiv \text{pmC} = \frac{A_t}{A_0} \cdot 100 \quad (\%)$$

Procesi izmjene ugljika u podzemnim vodama u kršu (taloženje karbonata u formi sige).



Procesi izmjene ugljika u podzemnim i površinskim vodama krša (taloženje karbonata u formi jezerskog sedimenta i sedre.

Raspodjela ugljikovih izotopa
 ^{14}C ($\alpha^{14}\text{C}$) i ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$) u
sustavu Plitvičkih jezera



Voda (DIC)

Zemlja

Mahovina

Recentna sedra



Atmosferski CO_2

Kopnene biljke

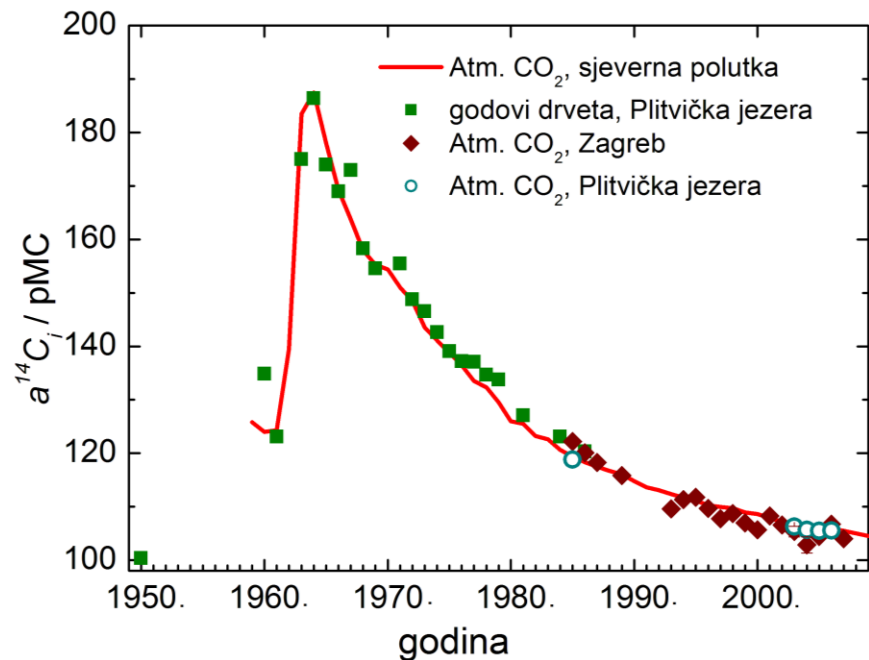
Jezerski sedimenti

Podvodno bilje

Istraživanje okoliša:

- antropogeno zagađenje
- procesi izmjene ugljika

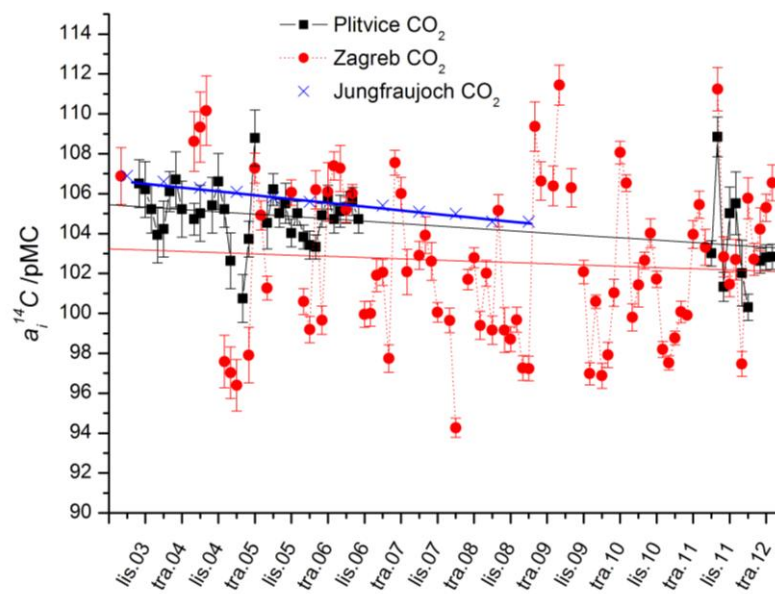
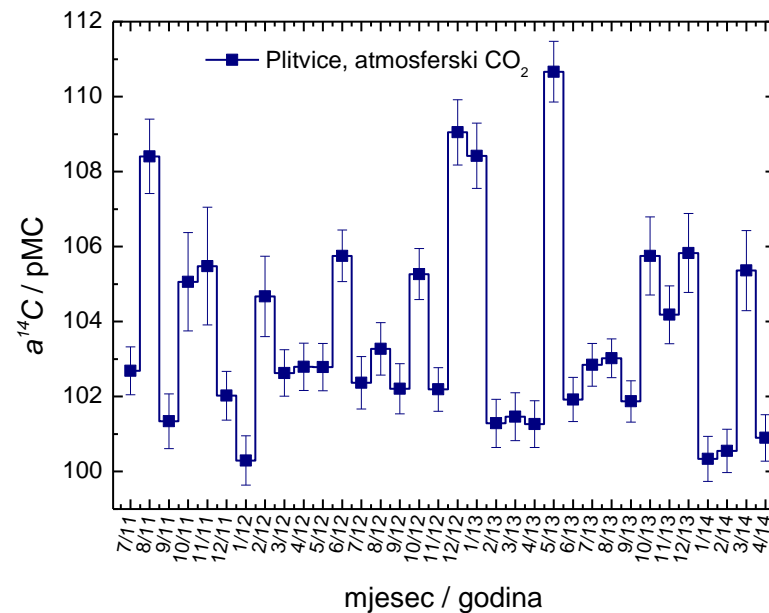
^{14}C aktivnost u atmosferskom CO_2



Antropogena ^{14}C produkcija uzrokovana termonuklearnim testovima 1960tih godina

Usporedba srednjih godišnjih ^{14}C aktivnosti na Plitvičkim jezerima, u Zagrebu i referentnoj stanici Jungfrauoch, 2003 - 2012.

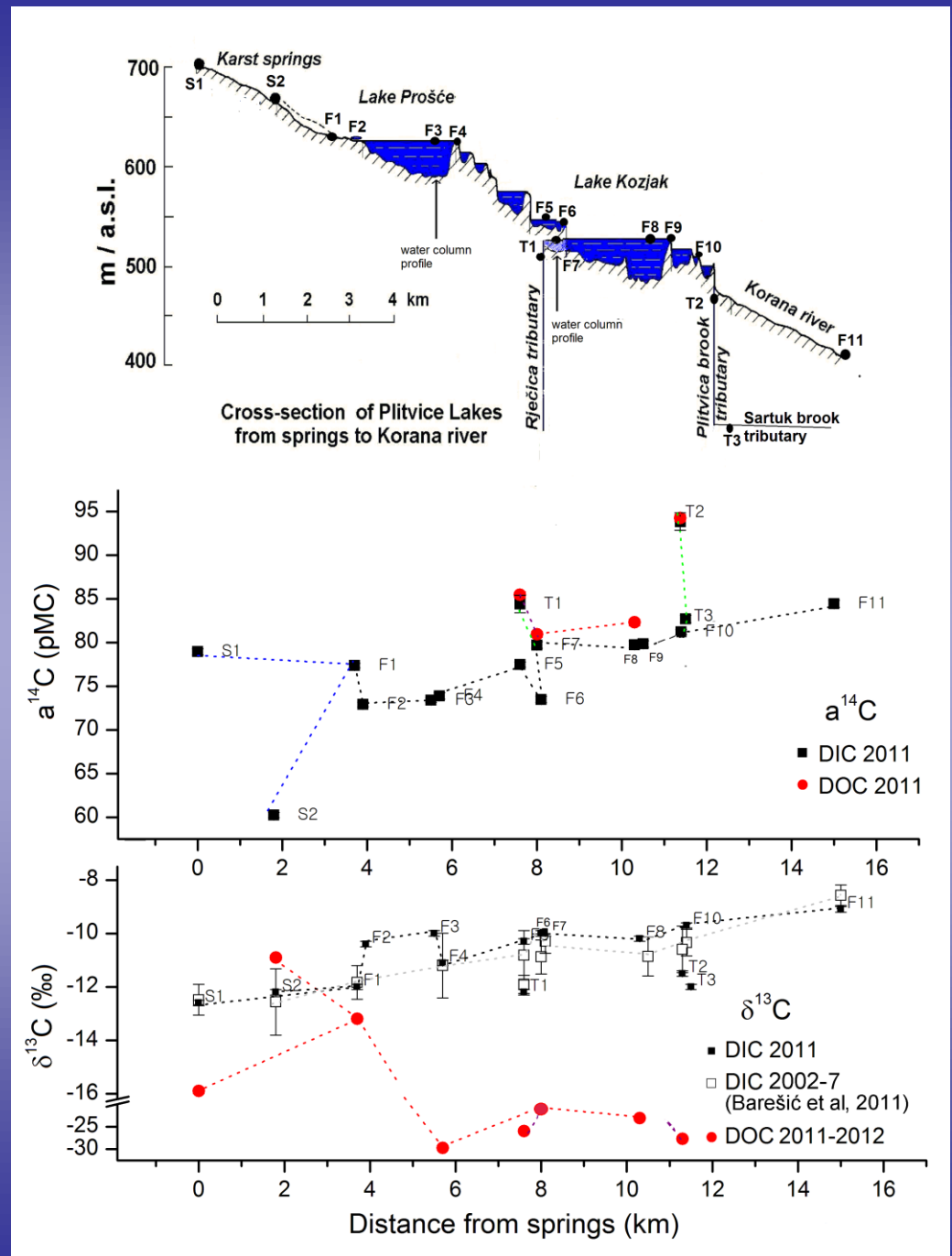
Mjesečna ^{14}C aktivnost na Plitvičkim jezerima, 2011 - 2014.



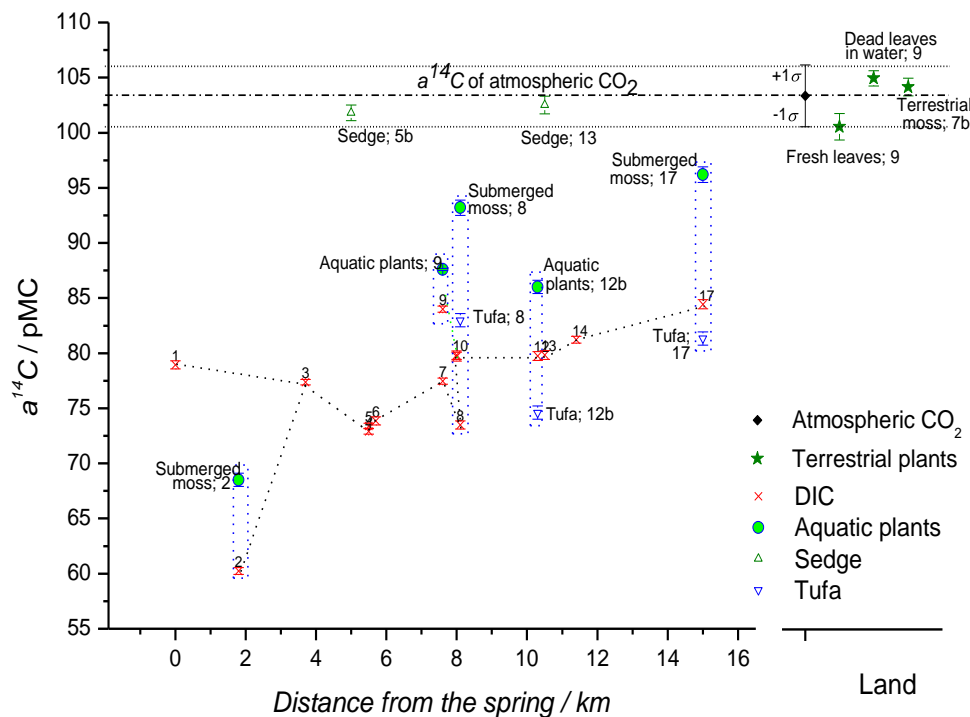
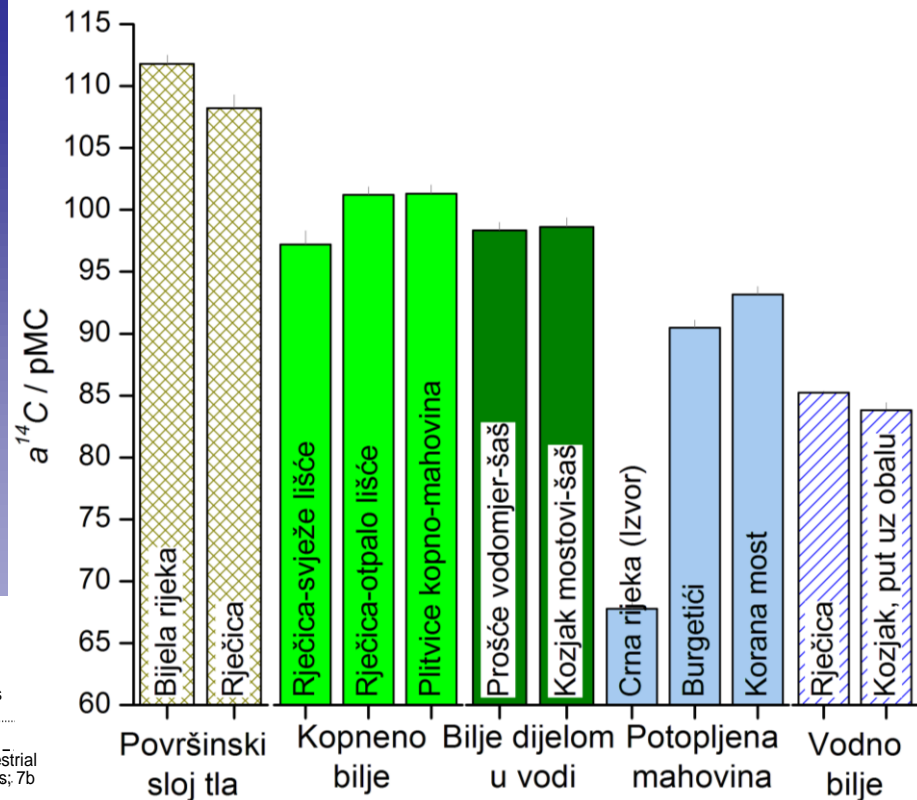
^{14}C aktivnost i $\delta^{13}\text{C}$ vrijednosti u vodi (DIC i DOC)

Porast $\alpha^{14}\text{C}$ i $\delta^{13}\text{C}$ u vodi (DIC) u nizvodnom toku Plitvičkih jezera je rezultat:

- Izmjene ugljikovih izotopa iz DIC i atmosferskog CO_2
- Procesu fotosinteze u jezerskim vodama



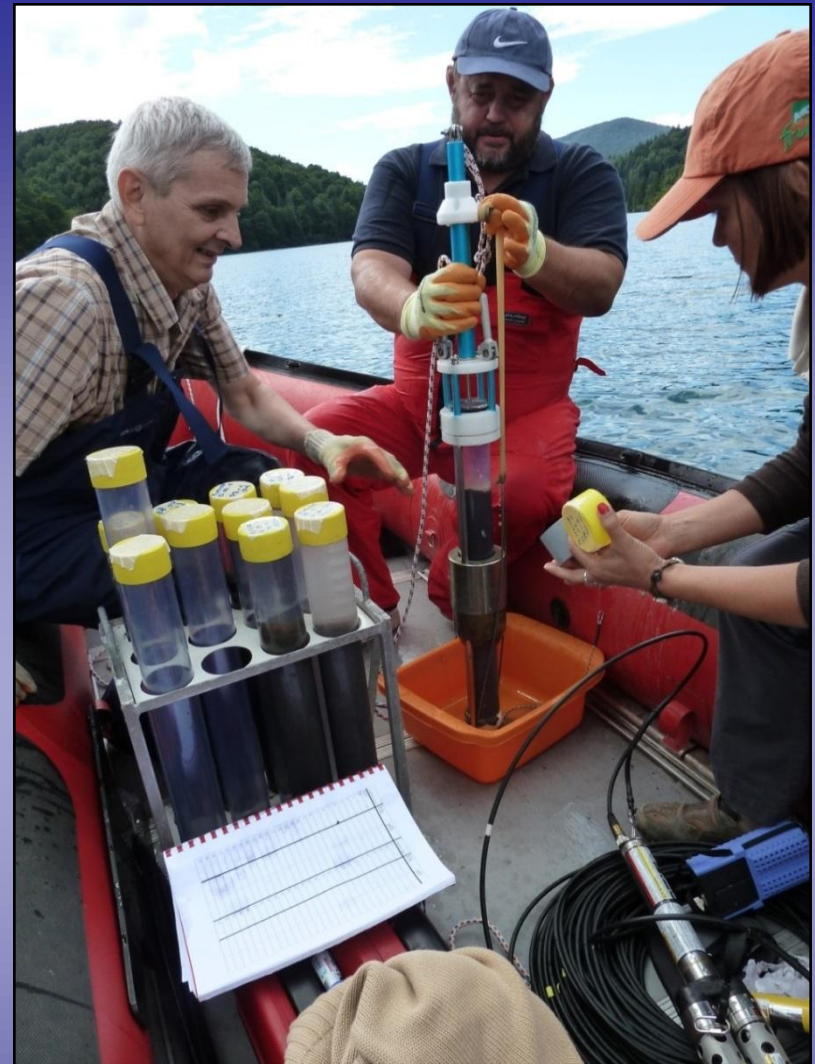
^{14}C aktivnost u biljkama na području Plitvičkih jezera



Usporedba ^{14}C aktivnosti vode, bilja i atmosferskog CO_2 u nizvodnom toku Plitvičkih jezera

Analize jezerskih sedimenata

- Izotopne analize
- Mineraloški sastav
- Elementi u tragovima



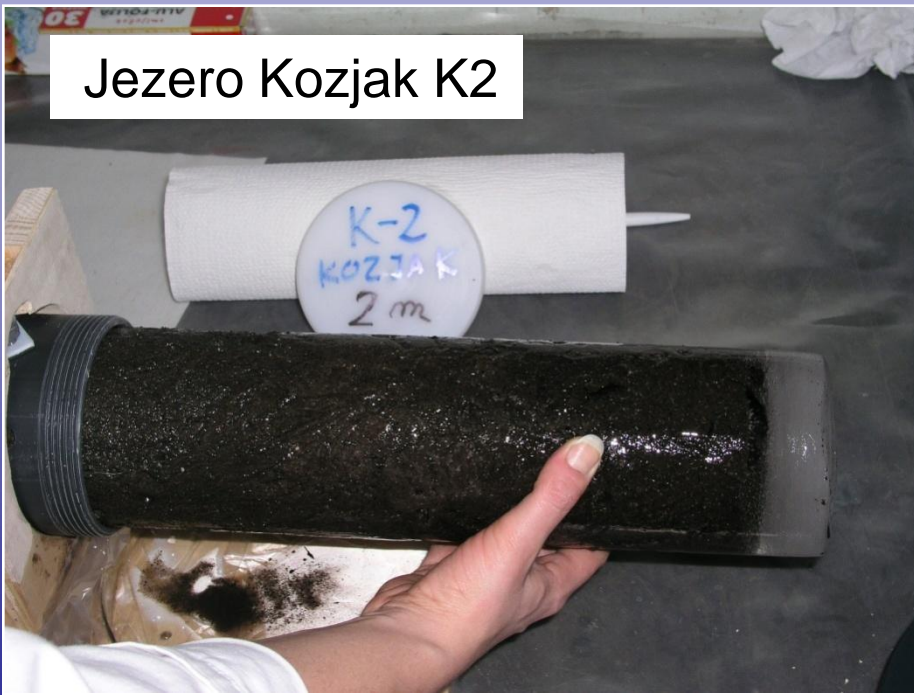
Jezero Prošće



Gradinsko jezero



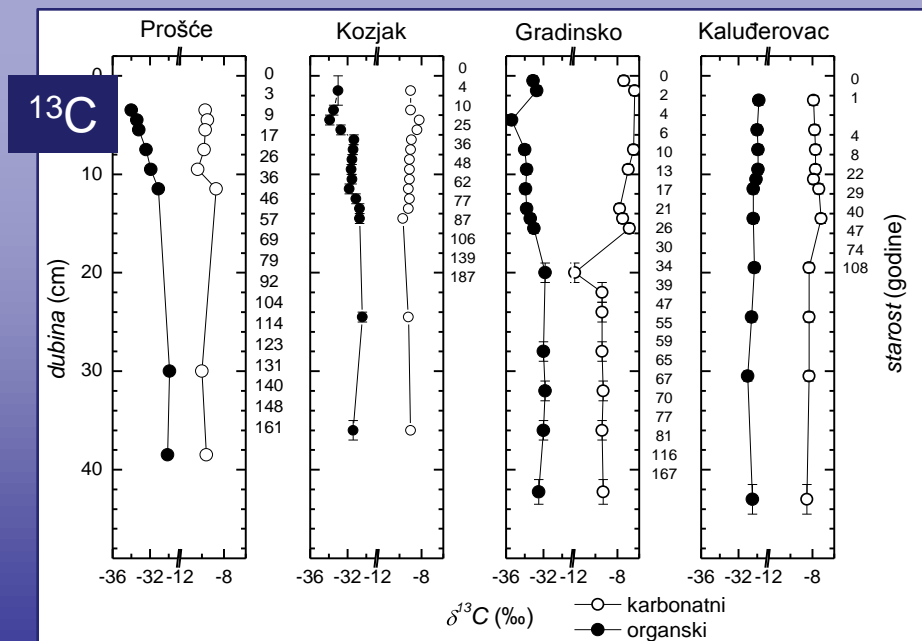
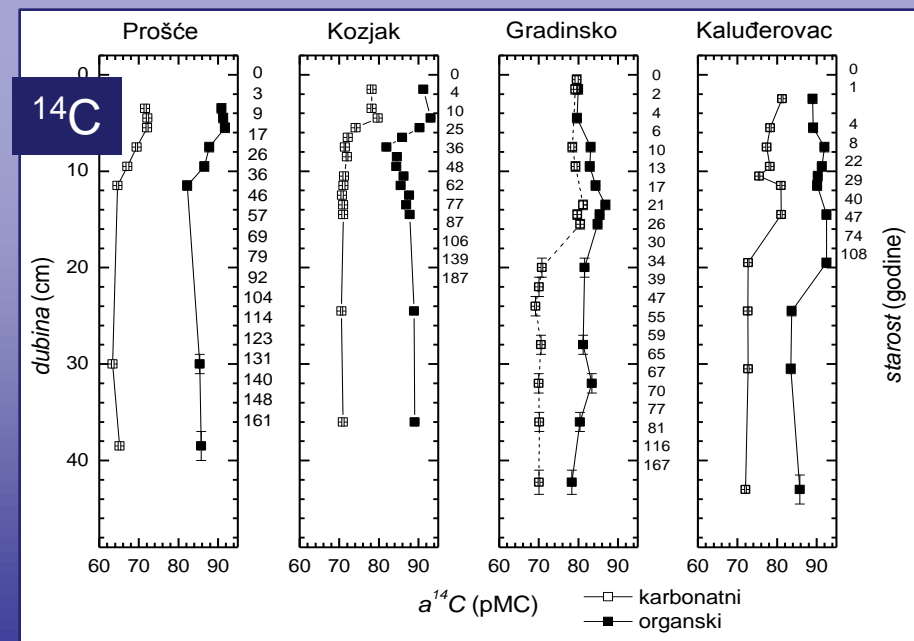
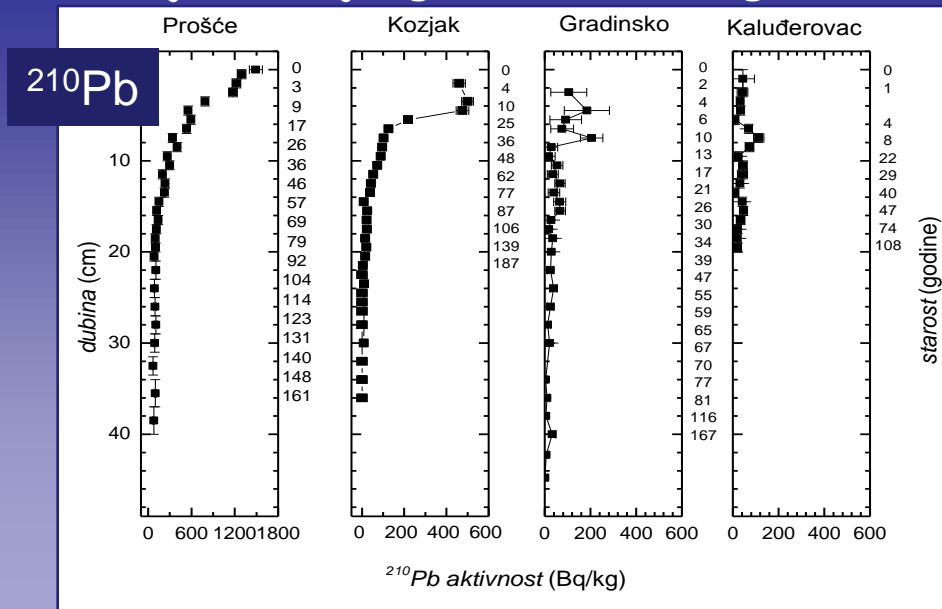
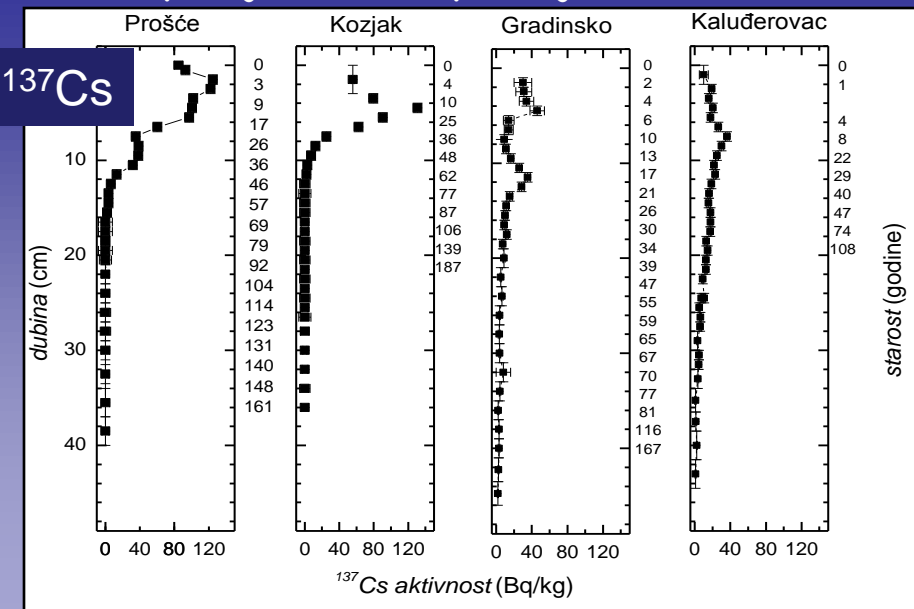
Jezero Kozjak K2

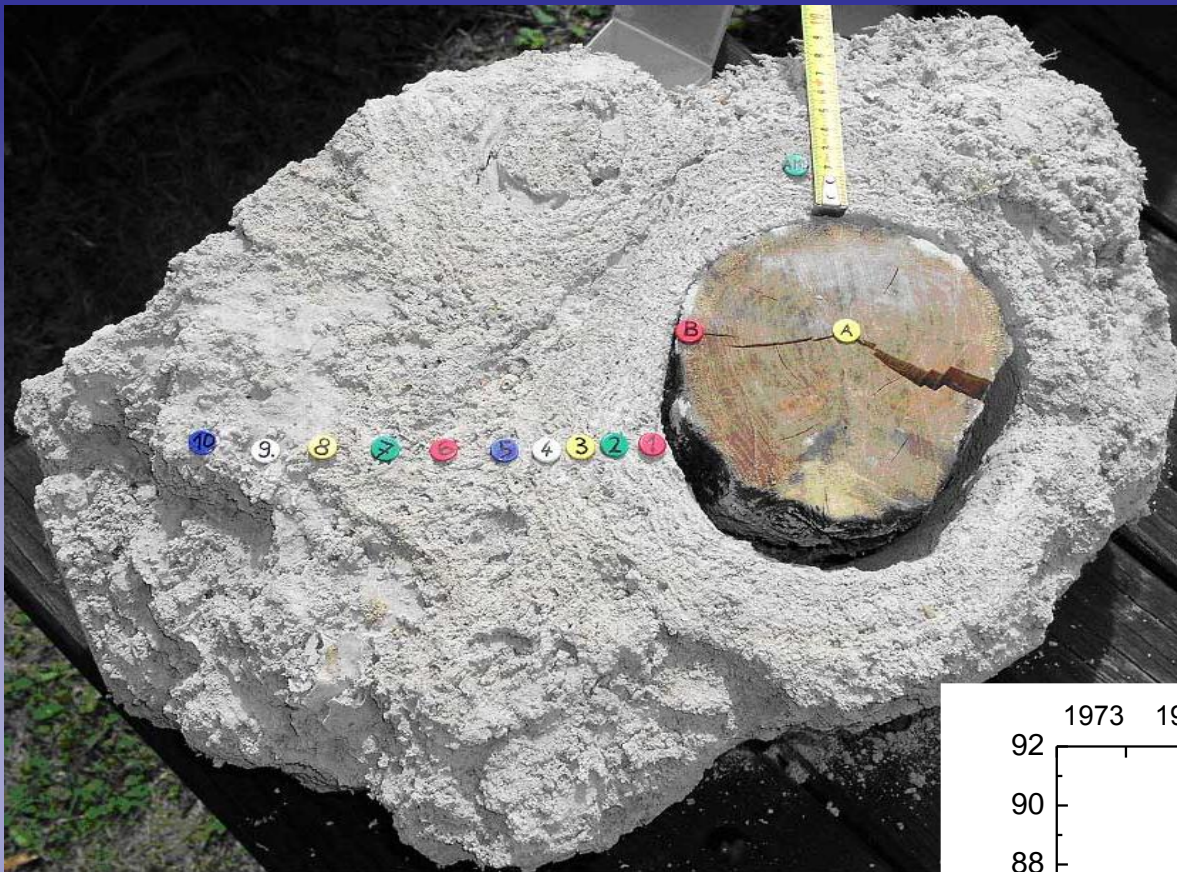


Jezero Kaluđerovac



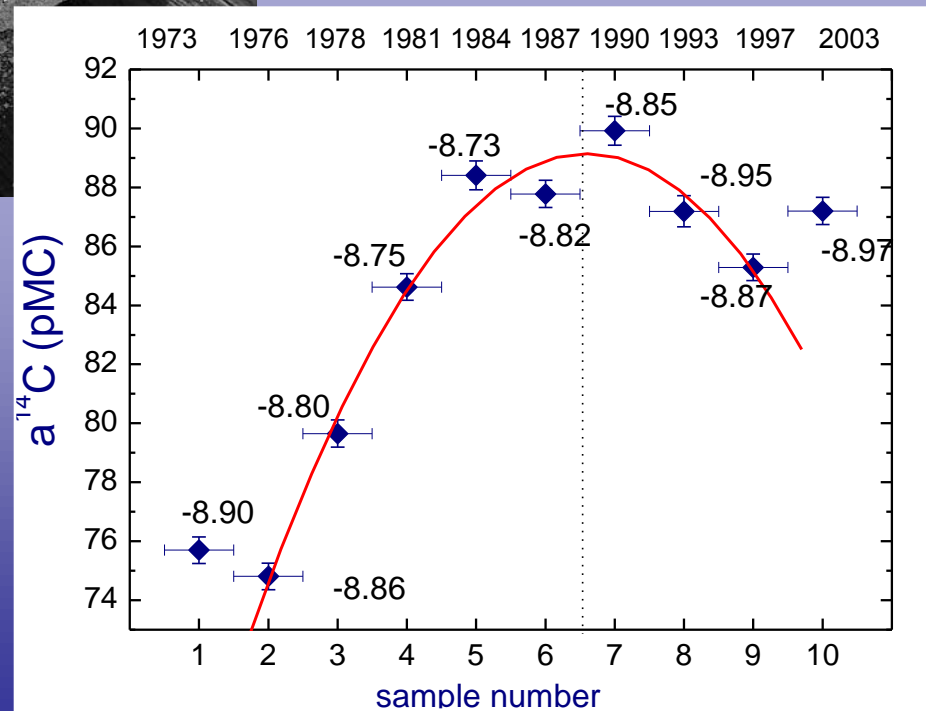
Raspodjela izotopa u jezerskom sedimentu 4 jezera, jezgre ~ 40 cm dugačke





Recentna sedra istaložena oko drvenog stupa, rijeka Korana, zadnjih ~30 godina

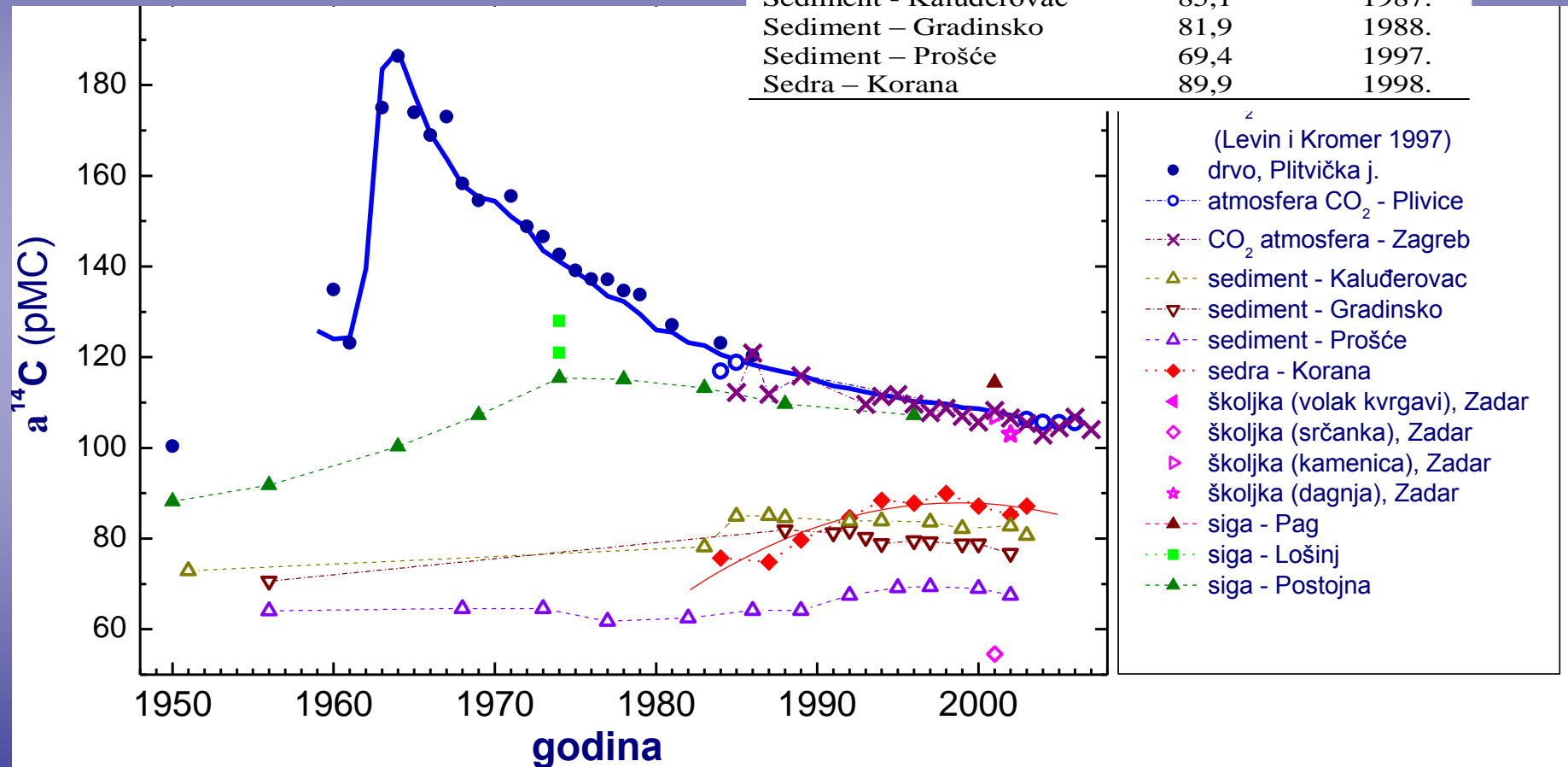
Porast ^{14}C aktivnosti je posljedica globalne kontaminacije u atmosferi (CO_2) uslijed termonuklearnih pokusa šezdesetih godina prošlog stoljeća



*the numbers present $\delta^{13}\text{C}$ values (‰)

Unos ^{14}C u okoliš Dinarskog krša u zadnjih ~50 godina (^{14}C aktivnost atmosferskog CO_2 i karbonatnih sedimenata/školjki)

Uzorak	$a^{14}\text{C}_{\text{max}}$ (pMC)	godina
CO_2 atmosfera	187,5	1964.
Drvo - Plitvička j	186,4	1964.
Siga Postojna	115,5	1974.
Sediment - Kaluđerovac	85,1	1987.
Sediment - Gradinsko	81,9	1988.
Sediment - Prošće	69,4	1997.
Sedra - Korana	89,9	1998.



➤ Starost sedrenih barijera

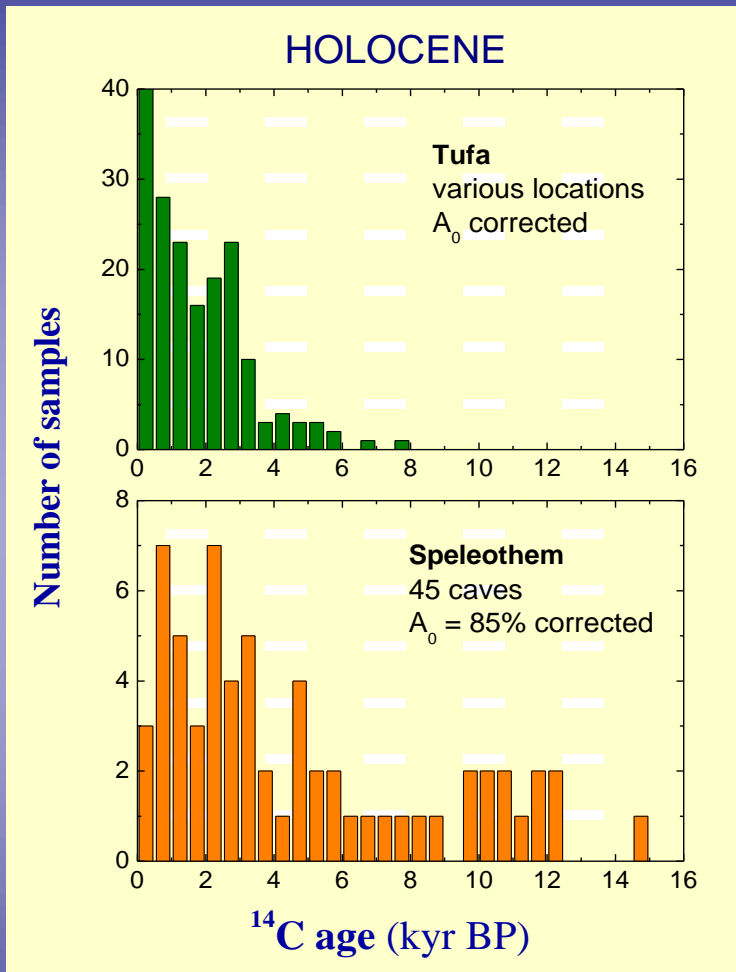
Starost starih sedrenih naslaga, izvan današnjih vodenih tokova određeno $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ metodom je 80.000 - 130.000 godina B.P. (Plitvički Ljeskovac)



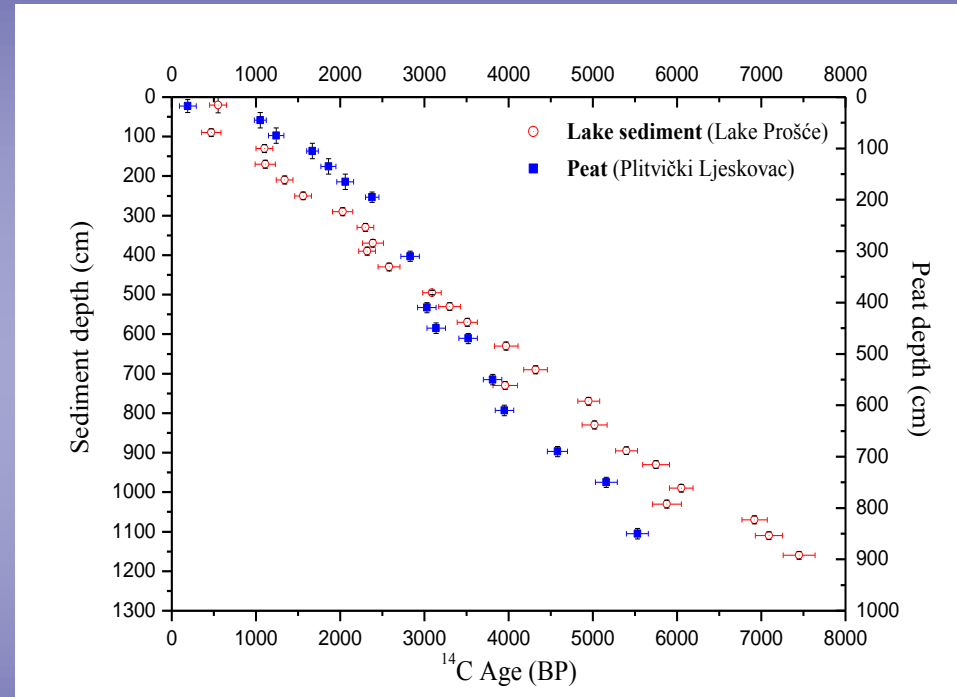
Starost aktivnih sedrenih barijera i jezerskog sedimenta određena metodom ^{14}C na području Plitvičkih jezera iznosi ~7000 godina B.P. (Holocen)



➤ ^{14}C datiranje sedre, jezerskog sedimenta i treseta na području Plitvičkih jezera



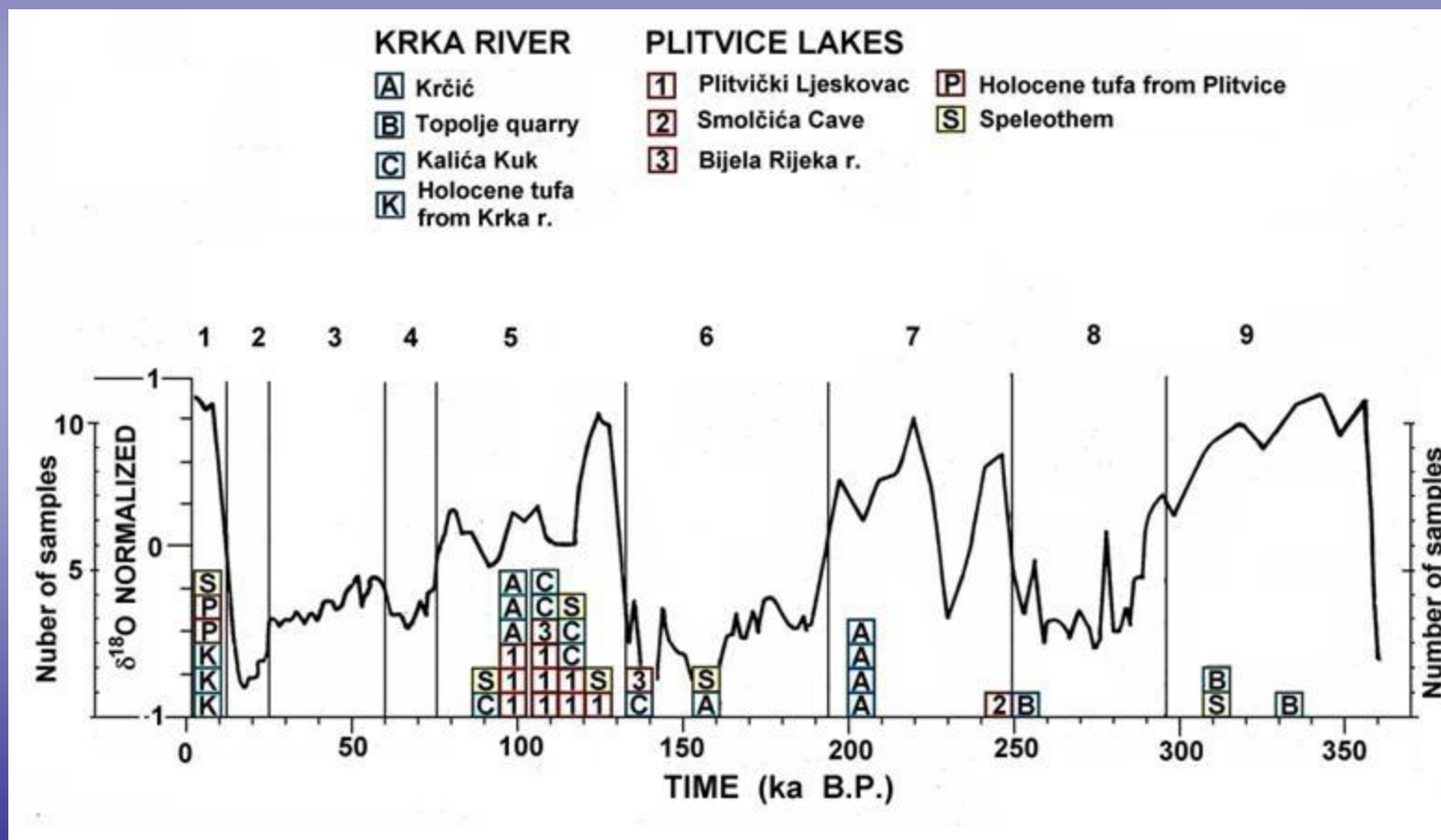
^{14}C starost sedre i siga sa područja Dinarskog krša



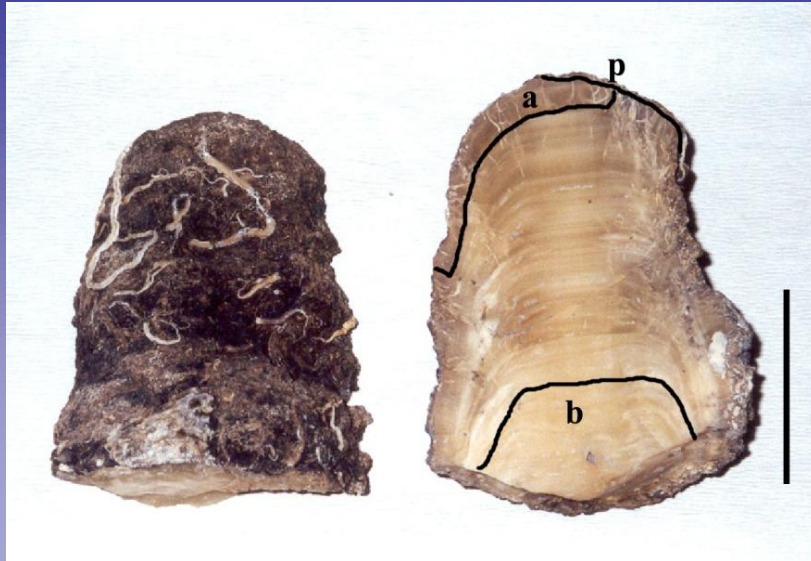
^{14}C starost jezerskog sedimenta (Prošćansko jezero) i treseta (Plitvički Ljeskovac)

Histogram ^{14}C i U-Th starosti siga i sedre iz područja Dinarskog krša, usporedba s paleoklimatskim $\delta^{18}\text{O}$ stupnjevima

Rast sedre u Dinarskom kršu je ograničen na topla klimatska razdoblja (interglaciali) i prekinut je za vrijeme glacijala, stadiala i interstadiala .

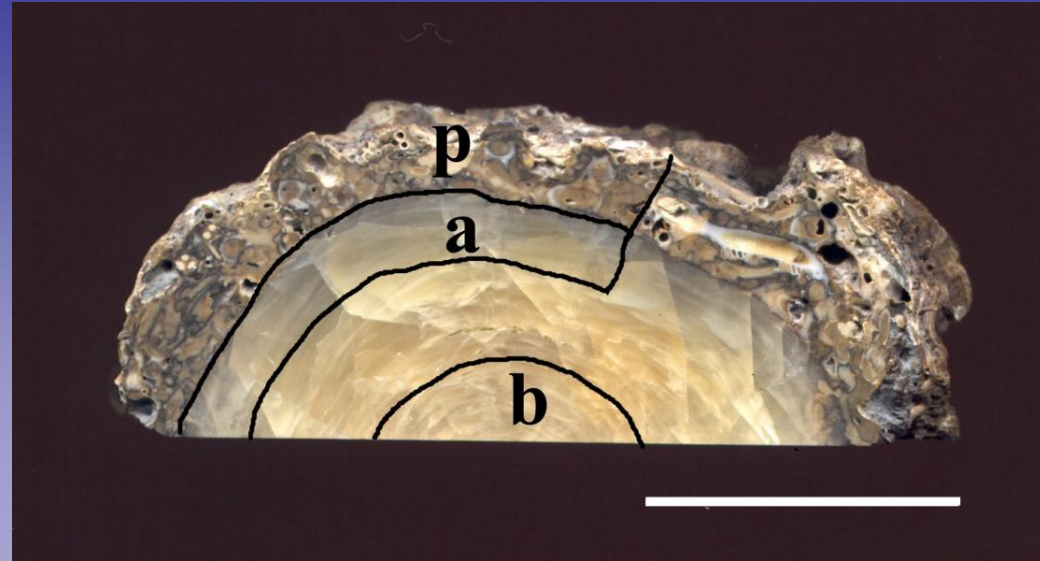


Sige iz potopljenih spilja



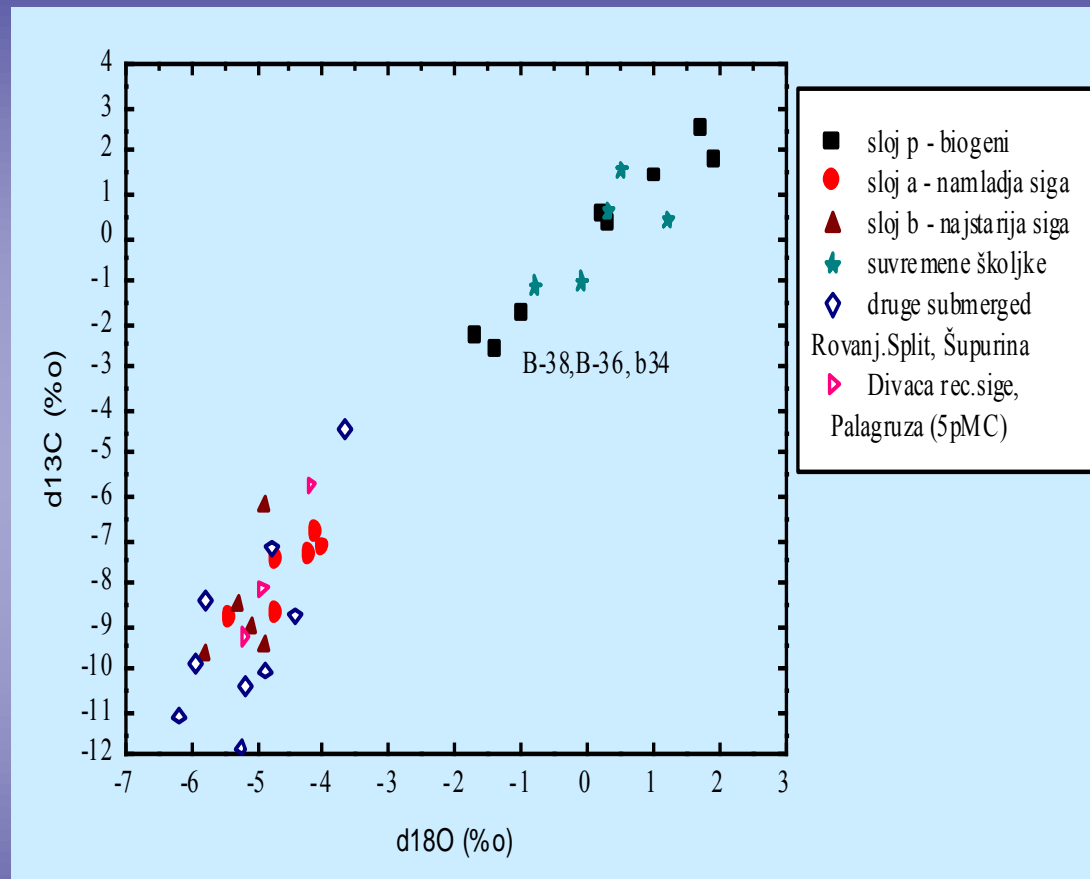
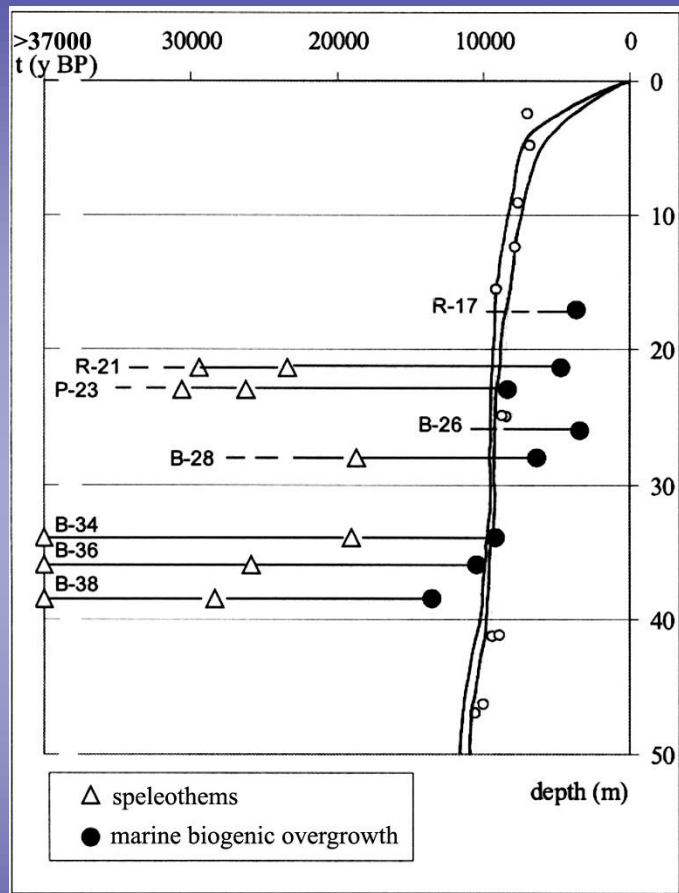
Presjek potopljene sige,
38m dubina mora, otok Brač

a - najmlađe sloj sige
b - najstariji sloj sige
P - marinski biogeni obraštaj

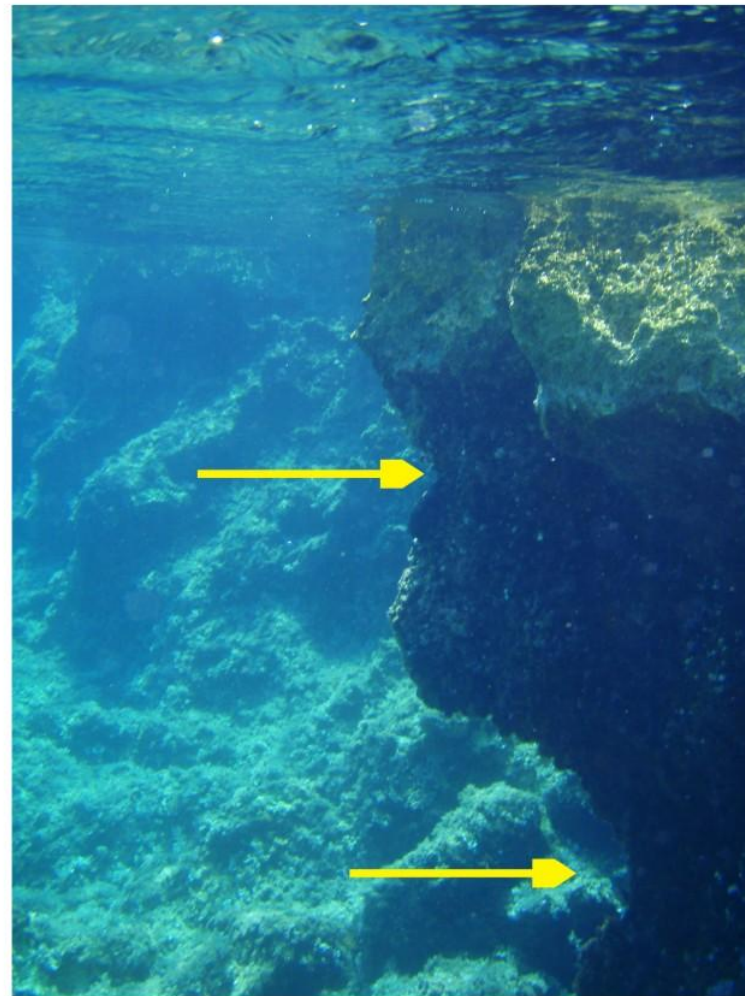
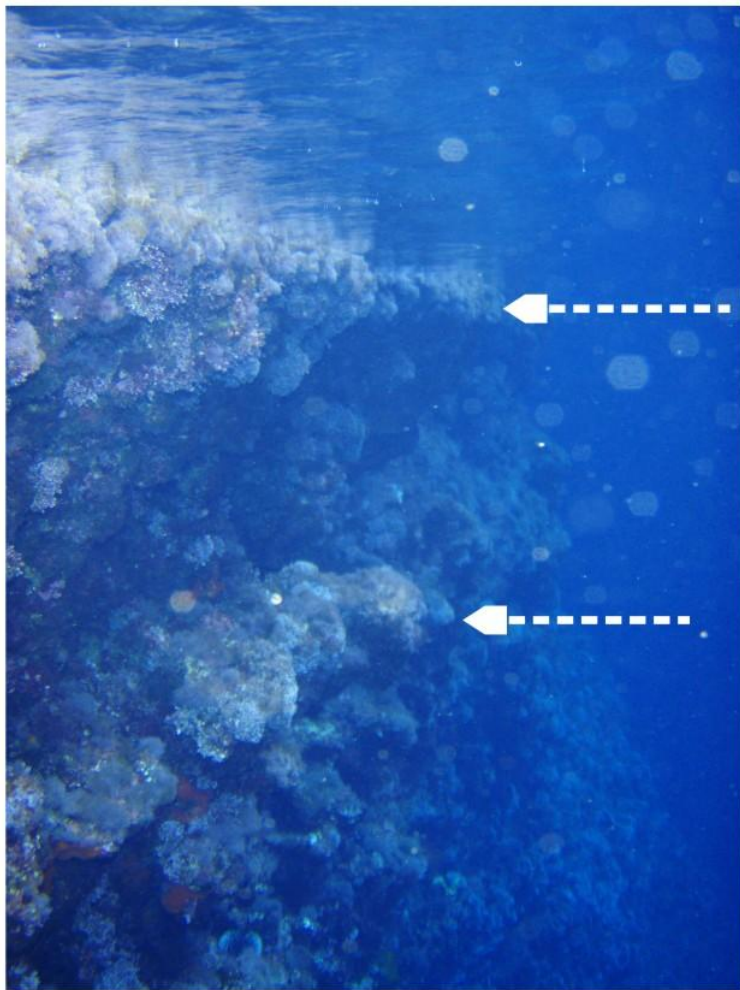


Presjek potopljene sige, 23m dubina
mora, otok Pag.

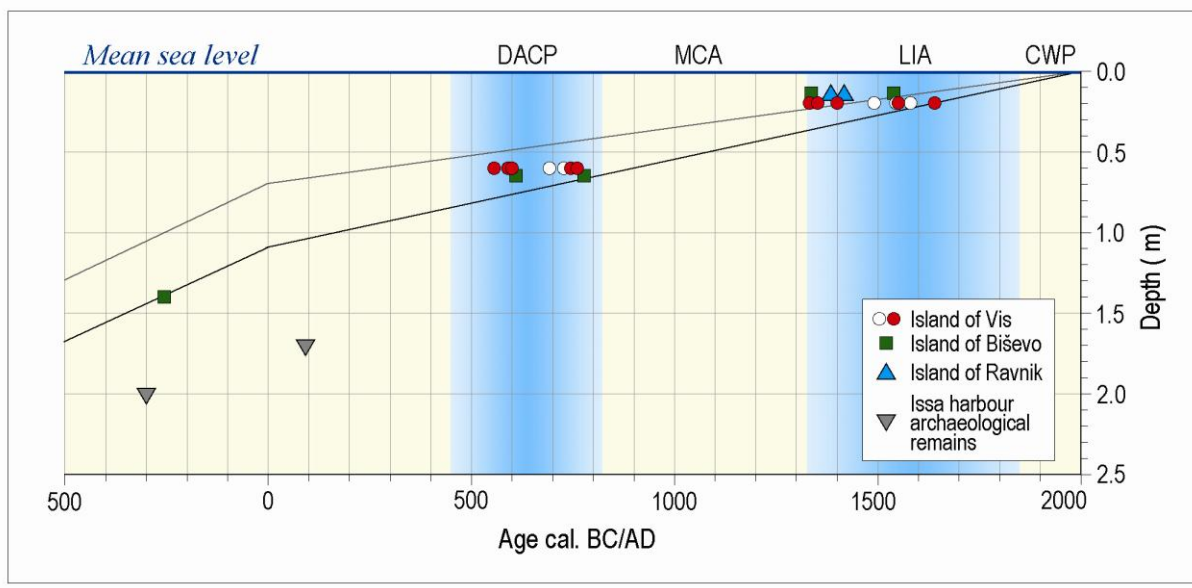
Rezultati ^{14}C datiranja siga iz potopljenih spilja u Jadranskom moru (Brač, Rogoznica, Pag). Cilj: određivanje promjene morske razine



Usporedba ^{14}C starosti siga i izračunato početno vrijeme rasta biogenog obraštaja s krivuljom kasni Pleistocen -Holocen rekonstruirane za Francusku mediteransku obalu (Lambeck and Bard, 2000) i za Tiransko more (Antonioli et al., 2001). $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ sadržaj u sigama i marinskom biogenom obraštaju..

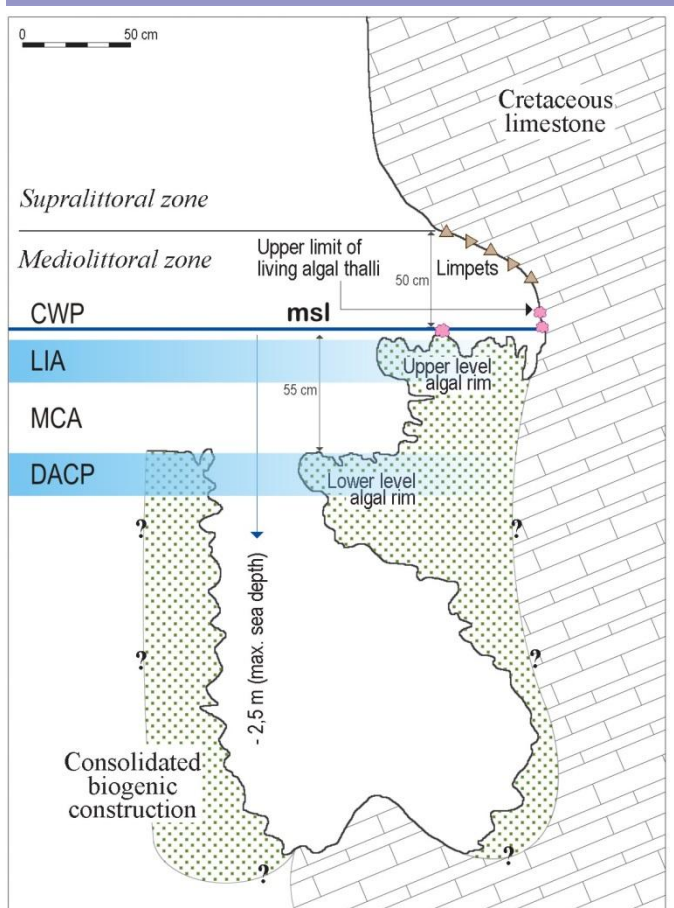


Usporedba između 2 dominantna nivoa algnih trotoara u Modroj spilji, otok Biševo i potopljenih fosilnih plimskih utora na otoku Visu.



Usporedba između predviđenih relativnih promjena morske razine za srednji Jadran, crna linija- Lambeck et al. (2004), siva linija- Lambeck and Purcell (2005), ¹⁴C starost uzoraka algnih trotoara sa otoka Visa, Ravnika i Biševa i različiti klimatski periodi u zadnjih 1500 godina.

Usporedba između morfologije algnih trotoara na otoku Visu i različitih klimatskih perioda u zadnjih 1500 godina: Dark Ages Cold Period (DACP), Medieval Climate Anomaly (MCA), Little Ice Age (LIA) i Current Warm Period (CWP).



Zahvaljujem na pažnji

