

# Nastanek metana v stratificiranem eutrofnem alpskem jezeru (Blejsko jezero, Slovenija)

**Ines Mandič Mulec, Katja Gorenc,**  
*Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani*

**Marinka Gams Petrišič, Nives Ogrinc**  
*Institut "Jožef Stefan"*

**Jadran Faganeli**  
*Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo*

Emisije CH<sub>4</sub> iz jezer in drugih sladkovodnih okoljih znatno prispevajo k globalni masni bilanci toplogrednih plinov.

**Glavni namen:**

Določitev nastanka metanogeneze (hidrogenotrofija, acetotrofija) v sedimentih Blejskega jezera na osnovi biogeokemijskih in molekularnih pristopov.

Emisije CH<sub>4</sub> iz jezer in drugih sladkovodnih okoljih znatno prispevajo k globalni masni bilanci toplogrednih plinov.

### Glavni namen:

Določitev nastanka metanogeneze (hidrogenotrofija, acetotrofija) v sedimentih Blejskega jezera na osnovi biogeokemijskih in molekularnih pristopov.

Biogeokemijski pristop:

- določitev izotopske sestave metana;
- analiza lipidnih biomarkerjev za določitev kvalitete in kvantitete "lahko" razgradljive organske snovi dostopne bakterijam.

Emisije CH<sub>4</sub> iz jezer in drugih sladkovodnih okoljih znatno prispevajo k globalni masni bilanci toplogrednih plinov.

### Glavni namen:

Določitev nastanka metanogeneze (hidrogenotrofija, acetotrofija) v sedimentih Blejskega jezera na osnovi biogeokemijskih in molekularnih pristopov.

Biogeokemijski pristop:

- določitev izotopske sestave metana;
- analiza lipidnih biomarkerjev za določitev kvalitete in kvantitete "lahko" razgradljive organske snovi dostopne bakterijam.

Molekularni pristop:

- določitev arhejskih združb na osnovi „profiling-a“ T-RFLP in 16S rRNK

# Metanogeneza

Končni produkt razgradnje organske snovi - anaerobni prokarionti

➤ Acetotrofna metanogeneza, acetotrofija



→ značilna za sladkovodna okolja

➤ Hidrogenotrofna metanogeneza, hidrogenotrofija



→ značilna za morska okolja

# Vpliv na metanogenezo

## ➤ Temperatura

-nižja temperatura - acetotrofija

# Vpliv na metanogenezo

## ➤ Temperatura

-nižja temperatura - acetotrofija

## ➤ Prisotnost "lažje" razgradljive organske snovi-acetotrofija

-glavne skupine lipidnih biomarkerjev: *n*-alkani, *n*-alkoholi, steroli, maščobne kisline

-porazdelitev -> izvor organske snovi in strukturo mikrobne združbe

# Vpliv na metanogenezo

## ➤ Temperatura

-nižja temperatura - acetotrofija

## ➤ Prisotnost "lažje" razgradljive organske snovi-acetotrofija

-glavne skupine lipidnih biomarkerjev: *n*-alkani, *n*-alkoholi, steroli, maščobne kisline

-porazdelitev -> izvor organske snovi in strukturo mikrobne združbe

## ➤ Mikrobiološka struktura

-sestava/prisotnost arhej in bakterij - PCR, 16S rRNK gen

-npr. hidrogenotrofne arheje *Methanomicrobiaceae* in *Methanobacteriaceae*

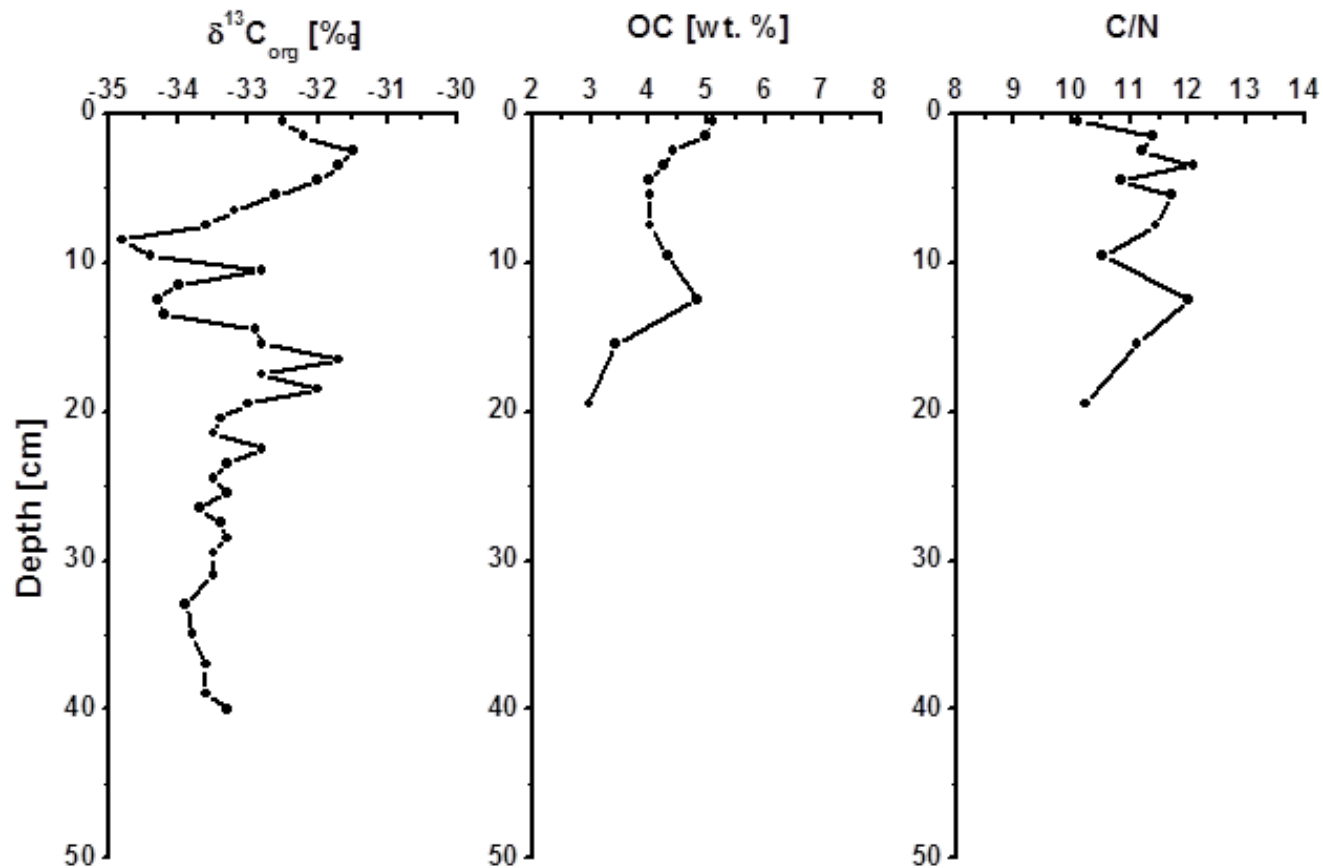


## Anoksično okolje



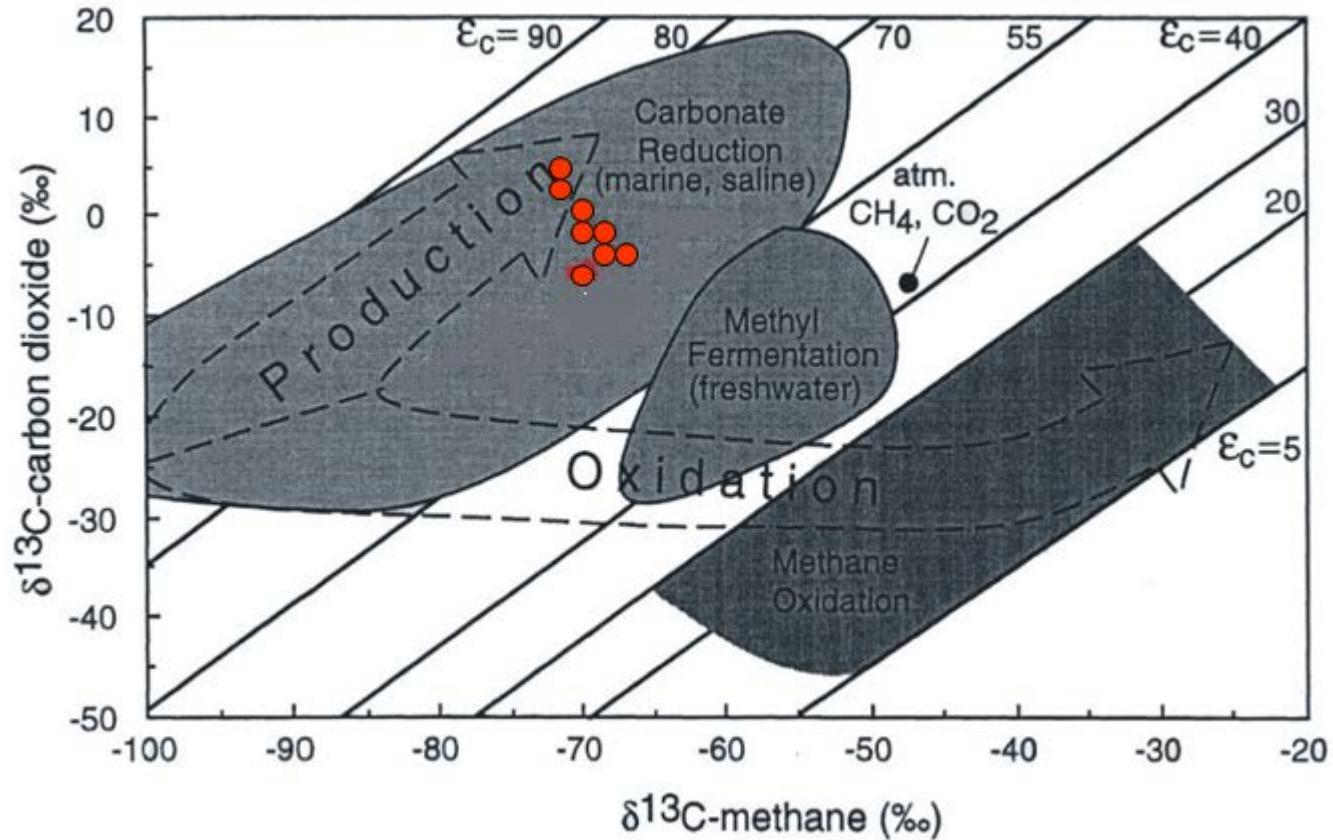
## Geokemijski pristop

- Sediment Blejskega jezera: ekstrakcija s  $\text{Cl}_2\text{CH}_2$  in ločba na koloni polnjeni s silikagelom;
- GC/MS: alifatski ogljikovodiki (HC), alifatski alkoholi (OH), steroli (ST) in maščobne kisline (FA);
- CHN elementni analizator: OC;
- IRMS: izotopska sestava  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ;
- Porne vode: vsebnost in izotopska sestava metana  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$  in raztopljenega anorganskega ogljika  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ .

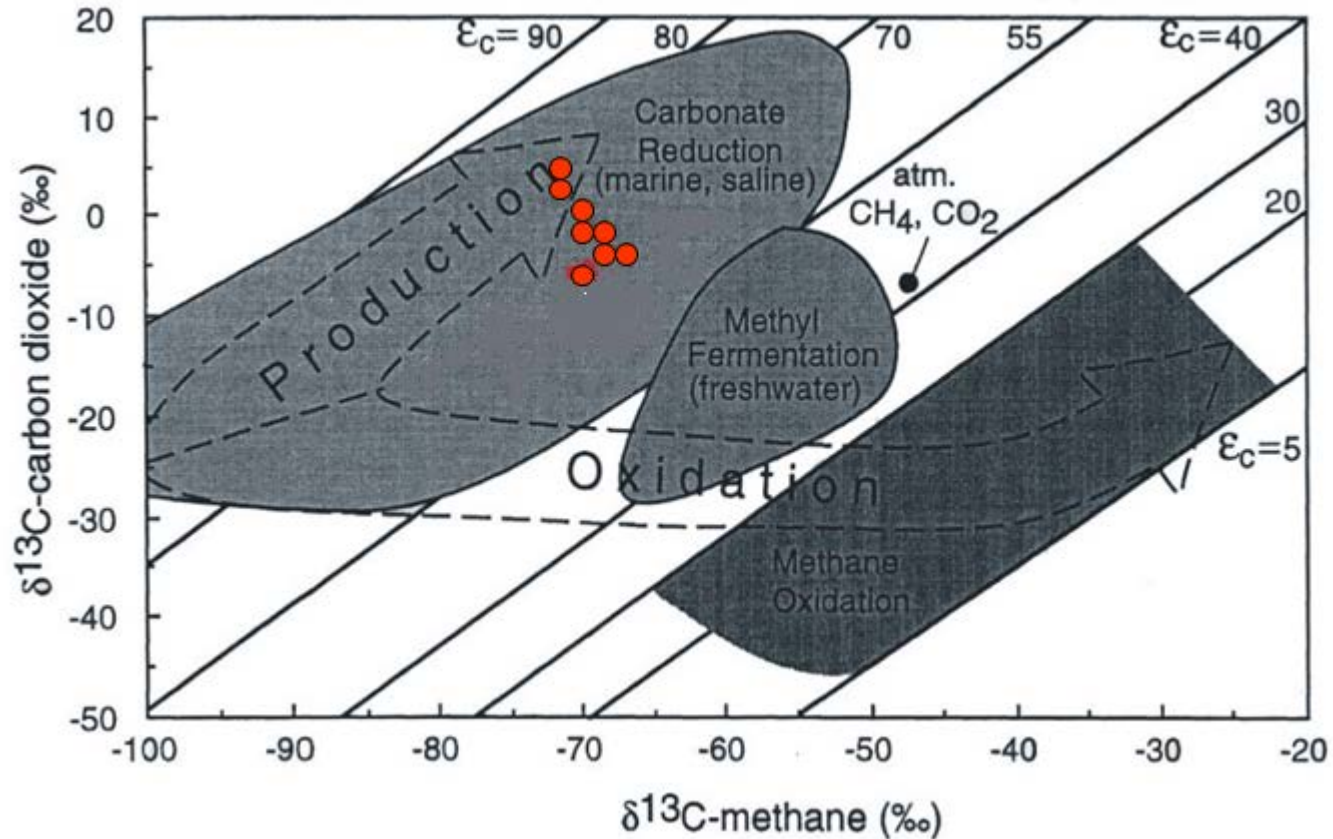


- vrednosti  $\delta^{13}C_{org}$ : zelo reduktivni sedimenti (metanogeneza)
- OC: razgradnja organske snovi
- C/N: prisotnost avtohtone organske snovi

# Izotopska sestava metana in DIC



# Izotopska sestava metana in DIC

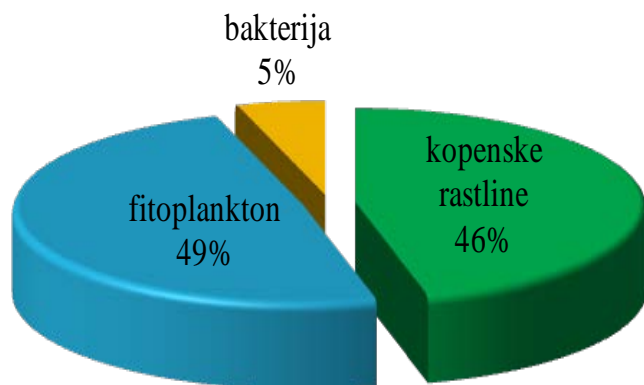


Hidrogenotrofija - glavni proces nastanka metana?

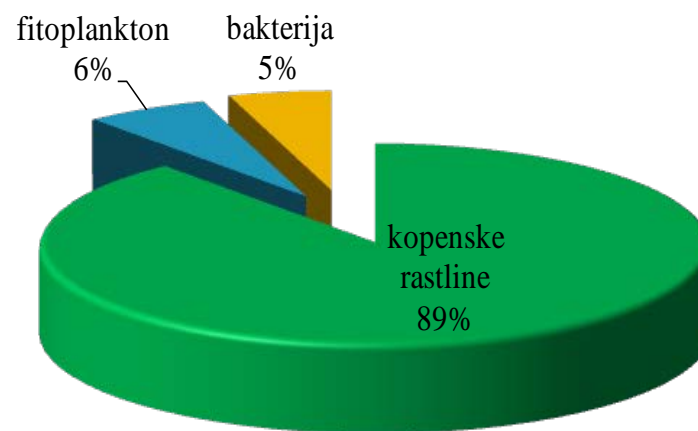
## Sestava lipidov: vsebnost “težje” in “lažje” razgradljive organske snovi v sedimentu

spojina	plankton	bakterija	kopenske rastline	reference
C <sub>27</sub> -C <sub>32</sub> (alifatski CH, OH, FA)			X	Meyers et al., 1984; Meyers 2003
C <sub>15</sub> -C <sub>24</sub> (alifatski CH, OH, FA)	X			Cranwell et al. 1987; Stefanova and Disnar 2000; Meyers 2003; Weete 1976
C <sub>27</sub> sterols	X			
C <sub>28</sub> sterols	X			Neunlist et al. 2002; Volkman 1986
C <sub>29</sub> sterols			X	Volkman 1986; Weete 1976
hopanoidi		X		Ourisson and Rohmer 1992
iso in anteiso-C <sub>15</sub> in C <sub>17</sub> FA		X		Wakeham et al. 2007; Bechtel and Schubert 2009
C <sub>16</sub> nenasičene FA	X			Wakeham et al. 2007; Bechtel and Schubert 2009
C <sub>18</sub> nenasičene FA		X		Wakeham et al. 2007; Bechtel and Schubert 2009
16:1 $\omega$ 7 <i>n</i> -FA		X		Wakeham et al. 2007; Bechtel and Schubert 2009
18:1 $\omega$ 9, $\omega$ 11 <i>n</i> -FA		X		Wakeham et al. 2007; Bechtel and Schubert 2009

# Vsebnost “težje” in “lažje” razgradljive organske snovi v sedimentu

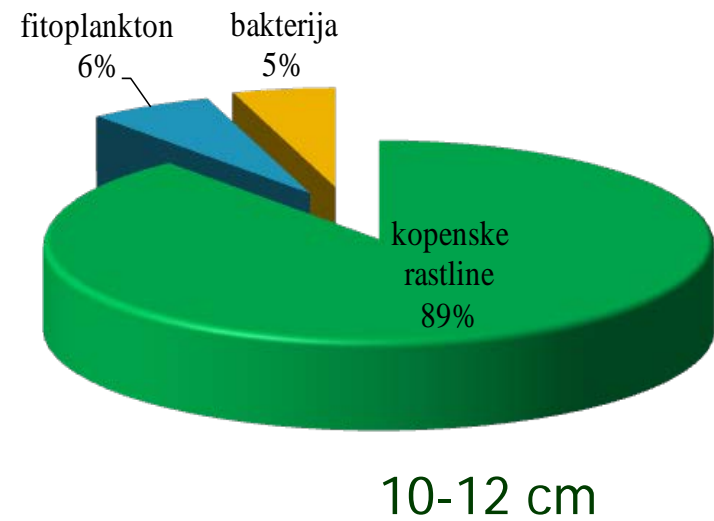
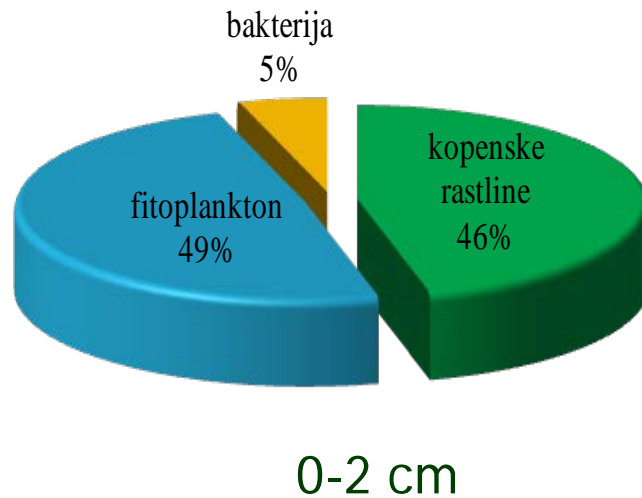


0-2 cm



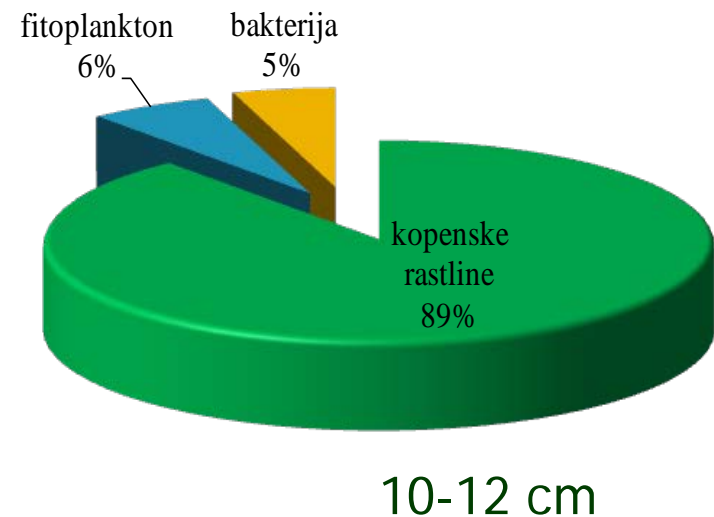
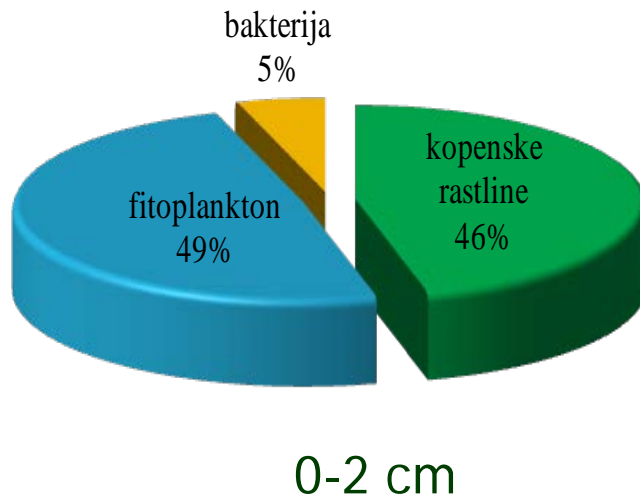
10-12 cm

## Vsebnost “težje” in “lažje” razgradljive organske snovi v sedimentu



**Acetotrofija - glavni nastanek metana?**

## Vsebnost “težje” in “lažje” razgradljive organske snovi v sedimentu

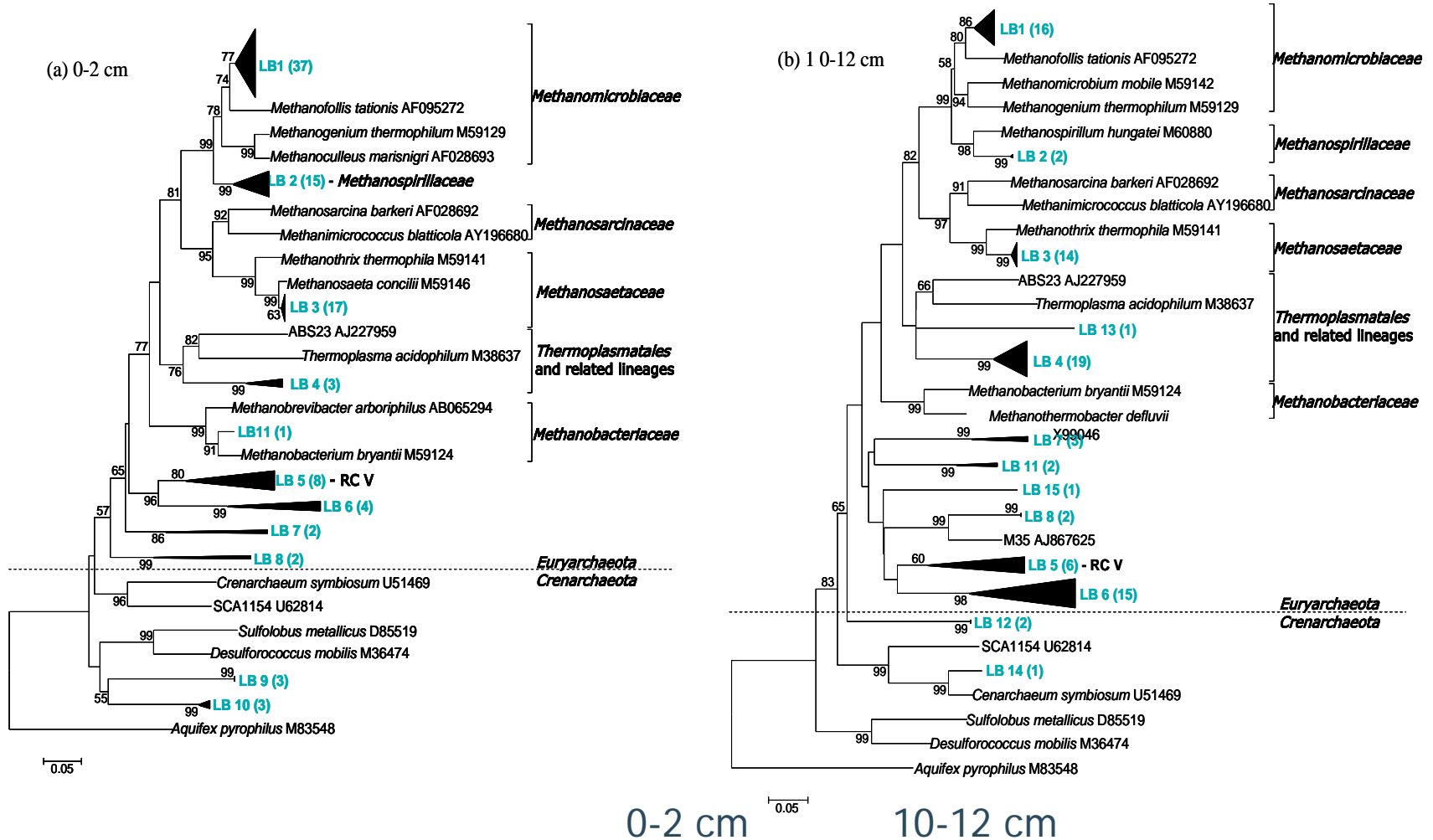


### Acetotrofija - glavni nastanek metana?

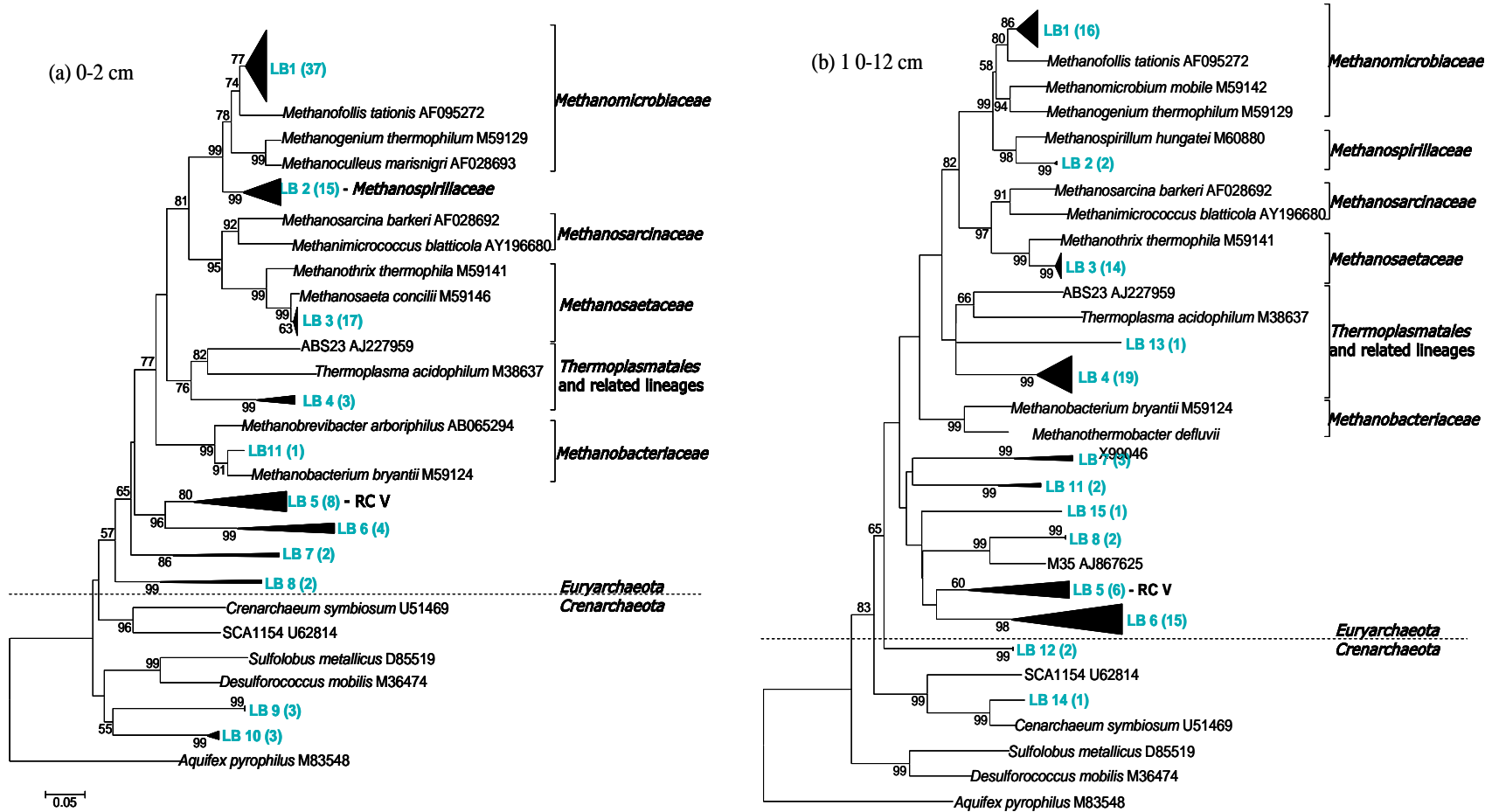
Kasnejše raziskave pokazale, da taka razporeditev organske snovi **ni ustrezna** - nujna uporaba stabilnih izotopov biomarkerjev  
(Gams Petrišič et al., Org. Geochem., 2014)



# Filogenetska shema 16sRNK arhejskih genov



# Filogenetska shema 16sRNK arhejskih genov



Metanogene arheje:

0-2 cm

74 %

10-12 cm

38 %

Hidrogenotrofne arheje:

56 %

20 %

Acetotrofne arheje:

18 %

18 %

- Biogeokemijske analize in analize arhejskih združb nakazujejo, da je **hidrogenotrofija** prevladujoč proces nastanka metana v anoksičnih sedimentih Blejskega jezera, kljub nizki temperaturi in prisotnosti avtohtone, "lažje" razgradljive organske snovi.
- Rezultati naših raziskav (procesi in arhejske združbe) so primerljivi z ostalimi študijami nastanka metana v jezerih zmerno toplega severnega pasu in celo tropskih jezerih, kar kaže na to, da **temperatura** ni najpomembnejši faktor nastanka metana, kot so sprva predvidevali.