

Kaotatud paradiis ja keeruka elu häll:

Hapnik ja päristuumsed 2 miljardit aastat tagasi

Kaarel Mänd



UNIVERSITY OF
ALBERTA

ARCHIMEDES



ualberta**north**

Esimesed jäljed päristuumsetest

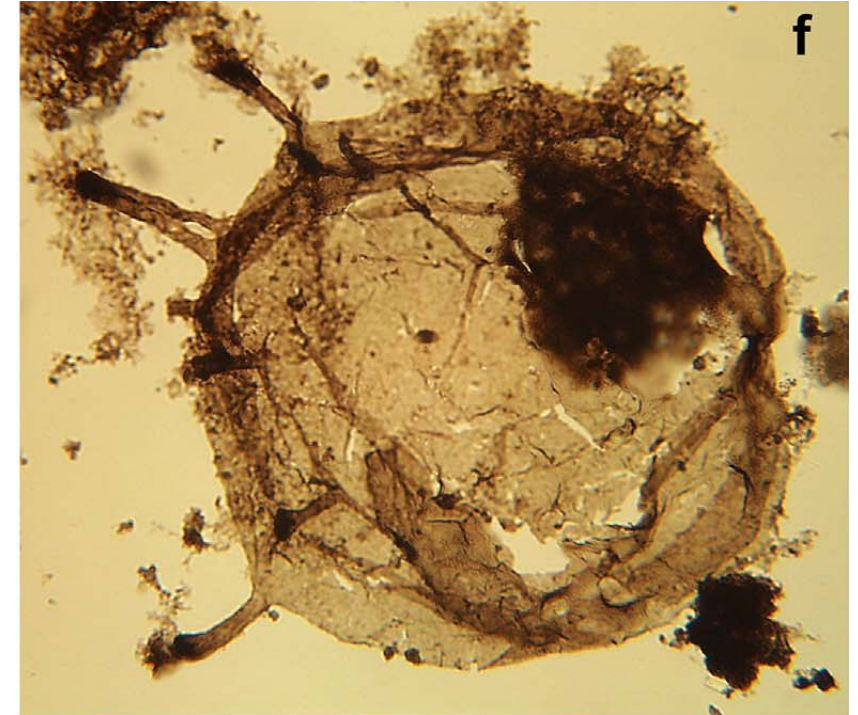
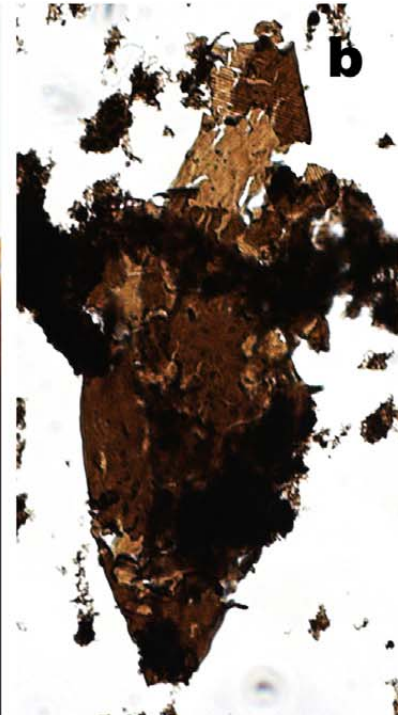
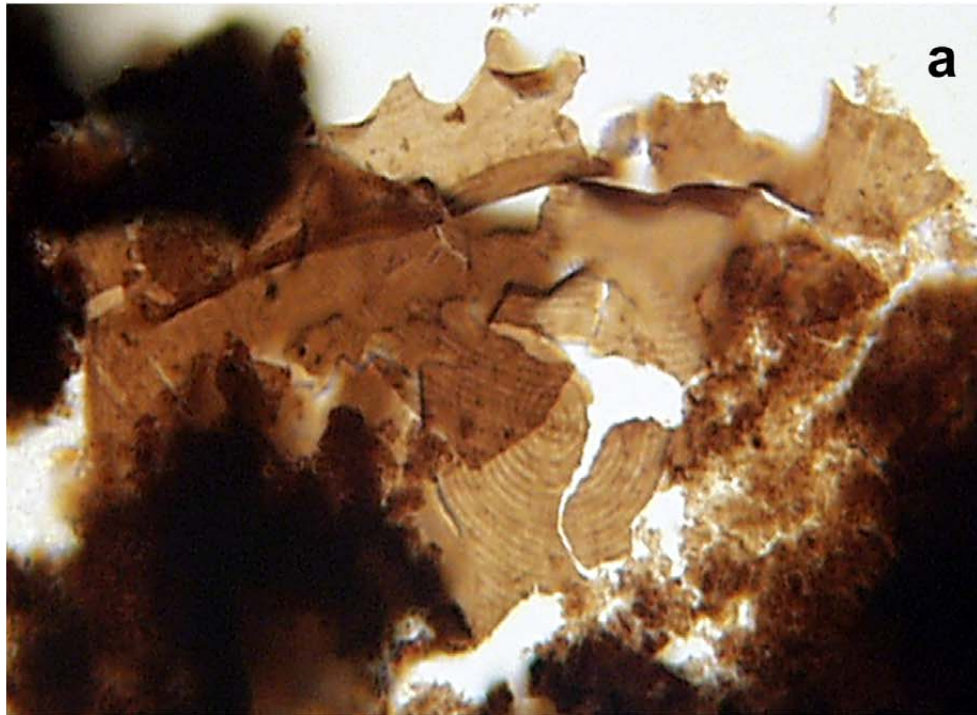
Päristuumsete võidukäik jääb Proterosoikumi lõppu (1,0–0,6 mld. a. tagasi), kuid esimesed jäljed jäävad varasemasse Proterosoikumisse (1,8–1,0 mld a. tagasi).

- *Bangimorpha pubescens*: esimene punavetikas ~1,1 mld. a. tagasi (Butterfield, 2000)



Esimesed jäljed päristuumsetest

- *Valeria* ja *Tappania*: keeruka rakuseinaga, mitmesaja μm diameetriga ~1,6 mld. a. vanad eukarüoodid (Javaux et al., 2004, Prasad et al., 2005)



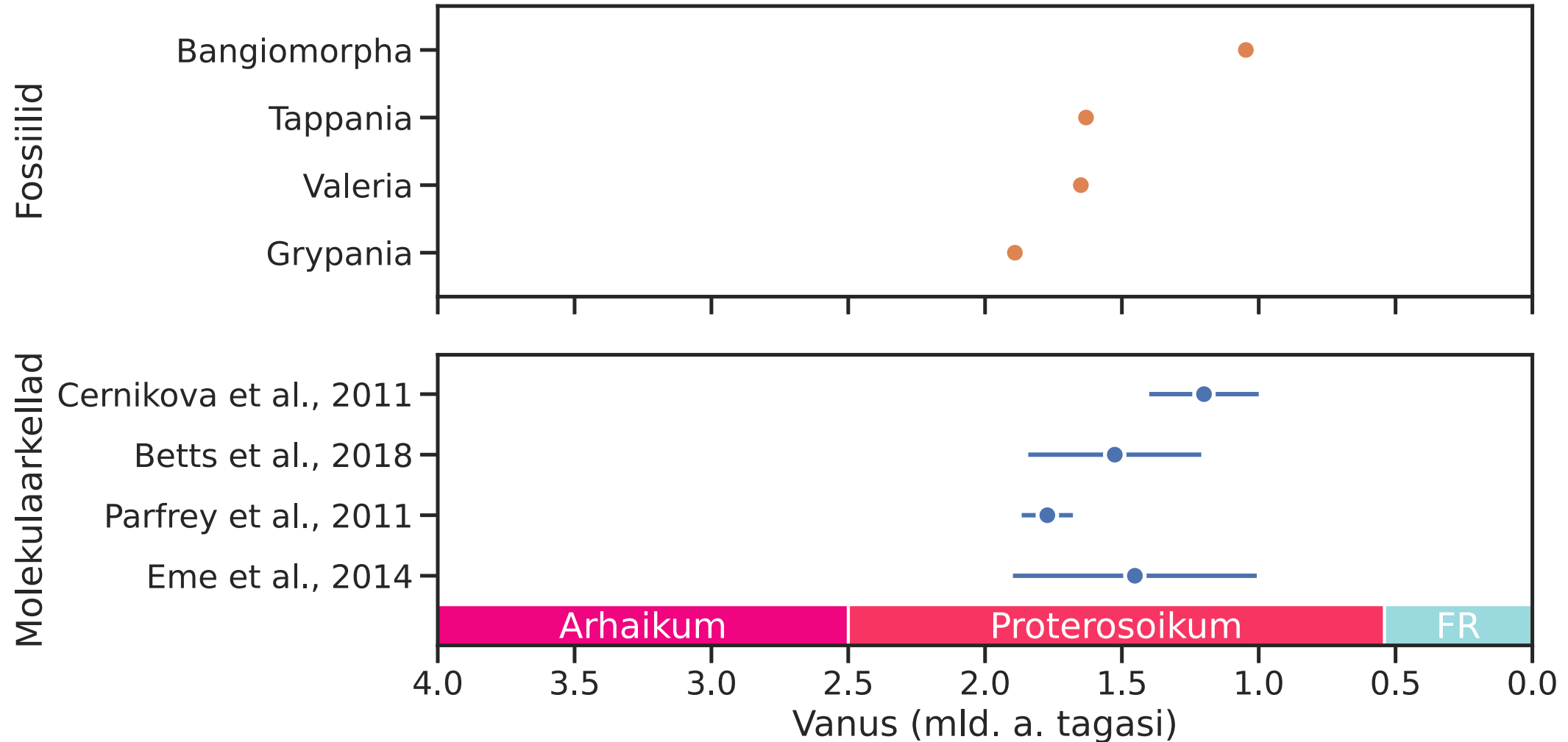
Esimesed jäljed päristuumsetest

- *Grypania*: spiraalsed ja makroskoopilised problemaatikumid ~1,8 mld. a. tagasi (Han & Runnegar, 1992)



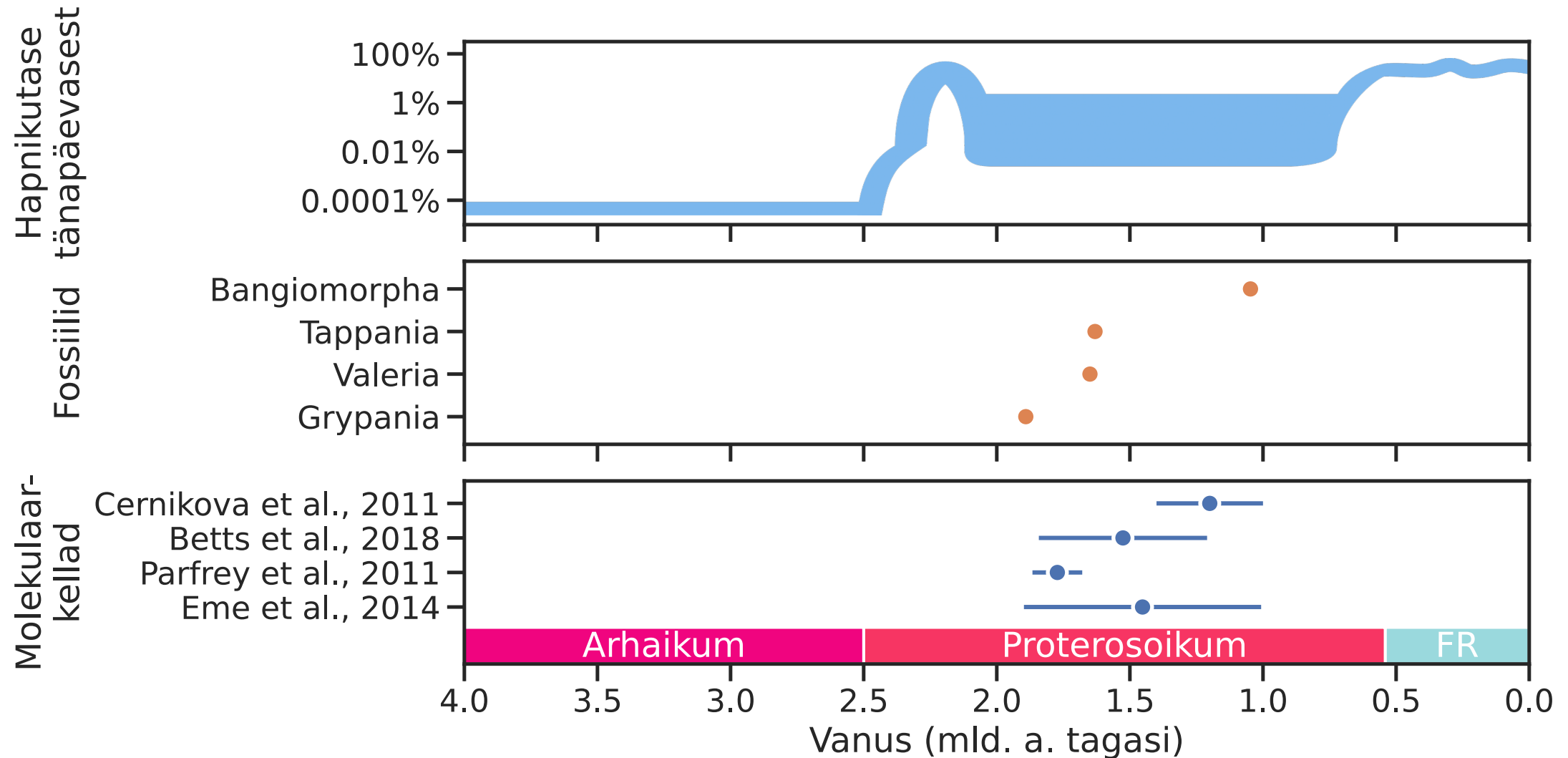
Päristuumsete tekke ajastus

Laias laastus paigutab tõendmaterjal päristuumsete eristumise 2,0–1,6 mld. a. vanusesse perioodi.



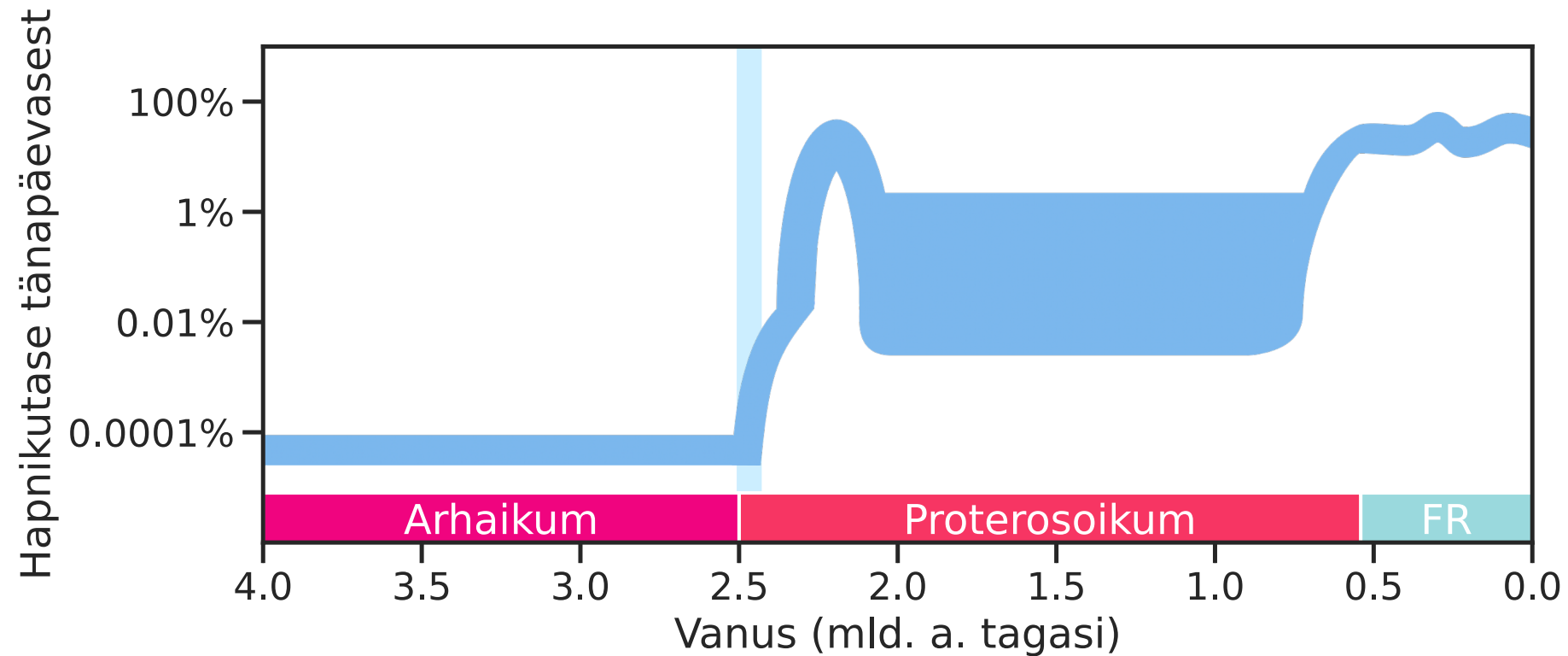
Päristuumsete tekke ajastus

Kuidas suhtub see innovatsioon Maakera pinnatingimuste muutustesse?



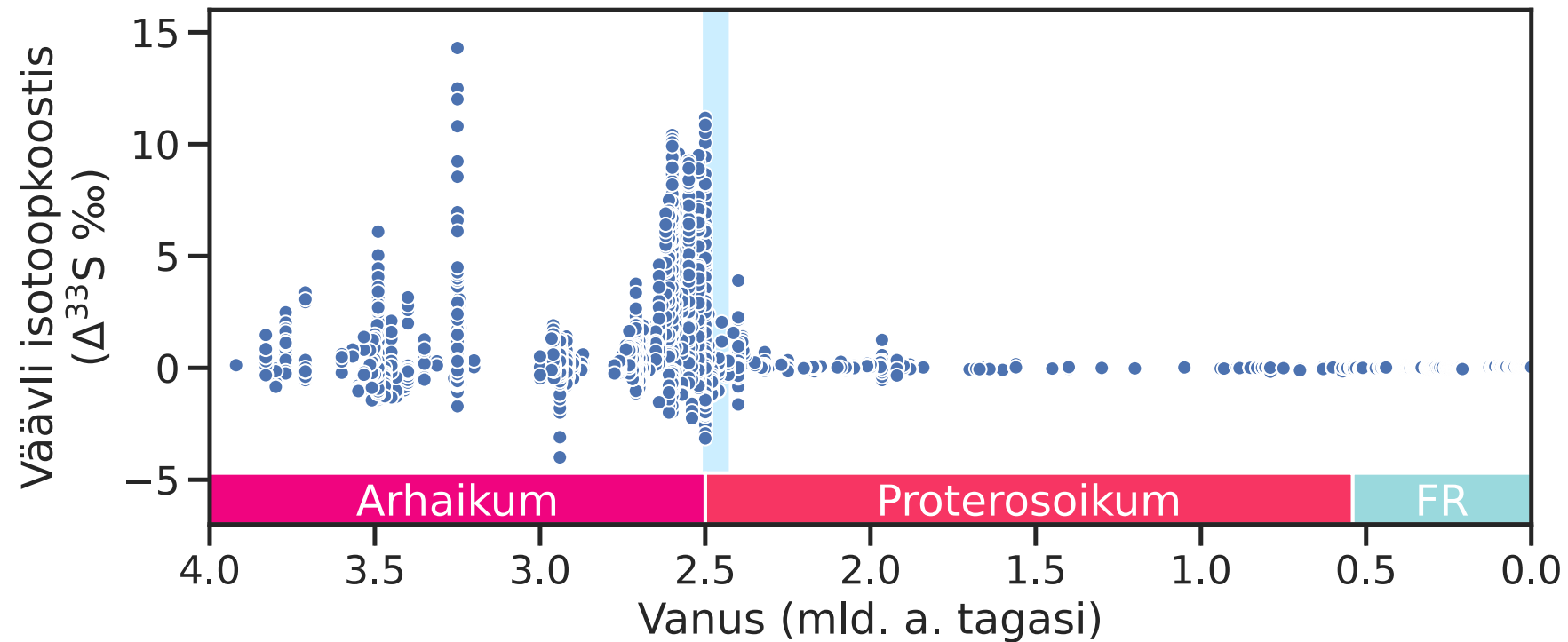
Hapniku ajalugu

Maakera atmosfääri hapniku esimene tõus toimus Proterosoikumi alguses (2,5–2,0 mld. a. tagasi).



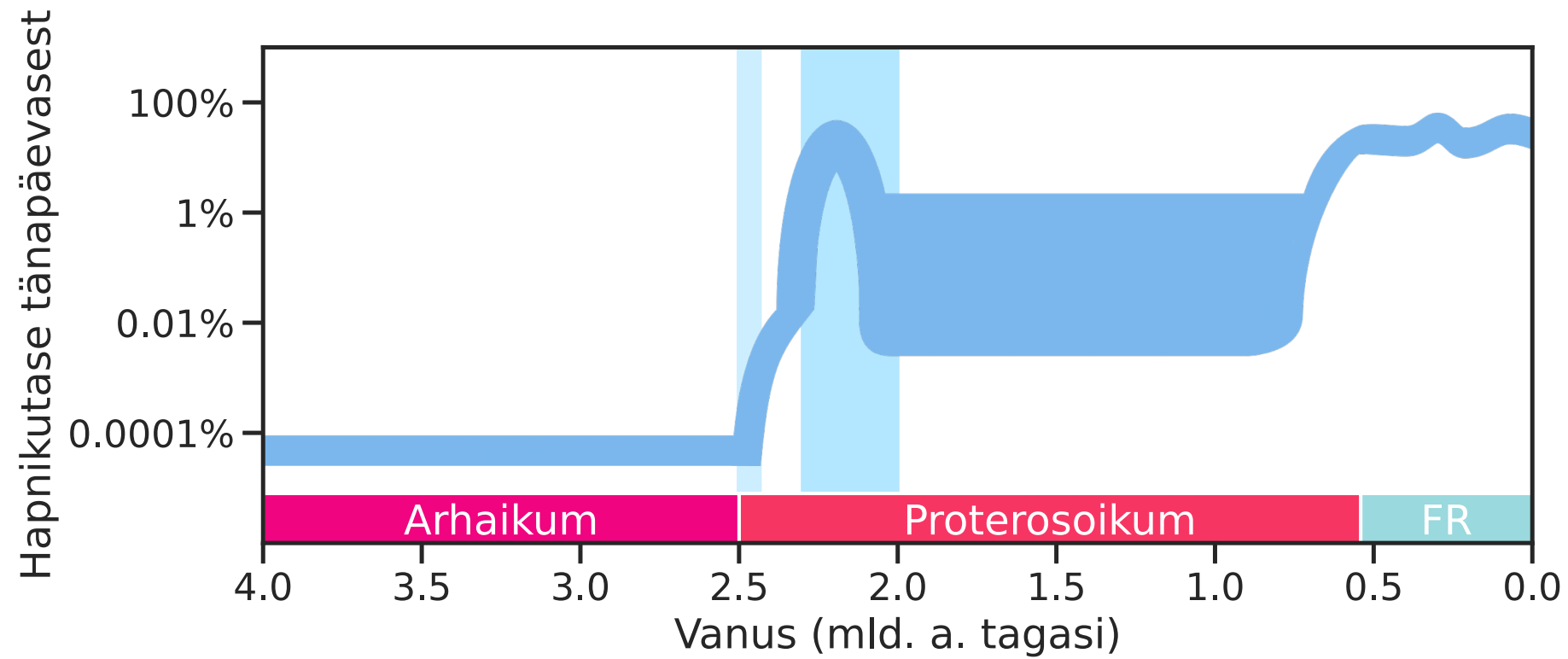
Suur Hapnikusündmus

lidsete setete väävlis isotoopkoostis näitab hapnikutaseme permanentset kerkimist üle 0,001% tänapäevases tasemest 2,5–2,4 mld. a. tagasi (Farquhar et al., 2000; Havig et al., 2017).



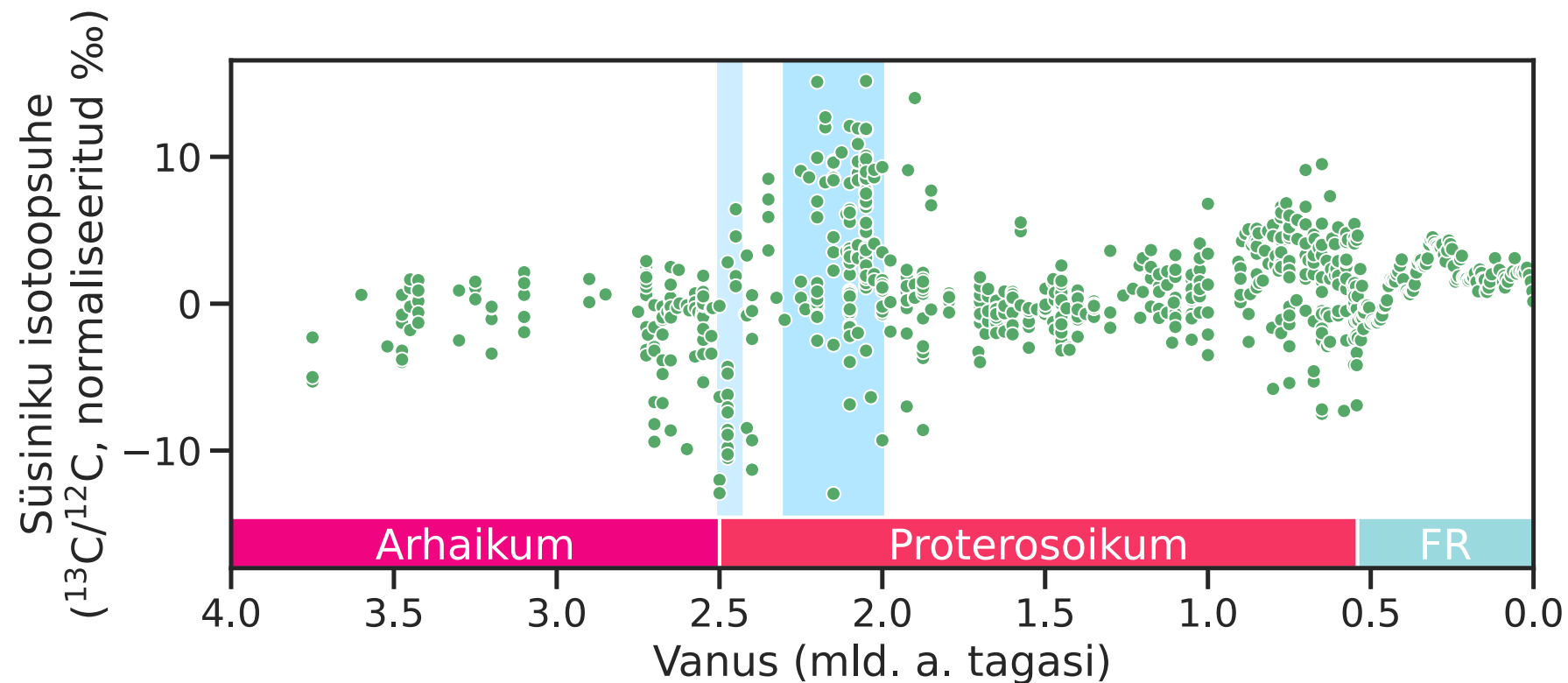
Oxygen overshoot

Proterosoikumi hapnikutõusu teine etapp 2,3—2,0 mld. a. tagasi.



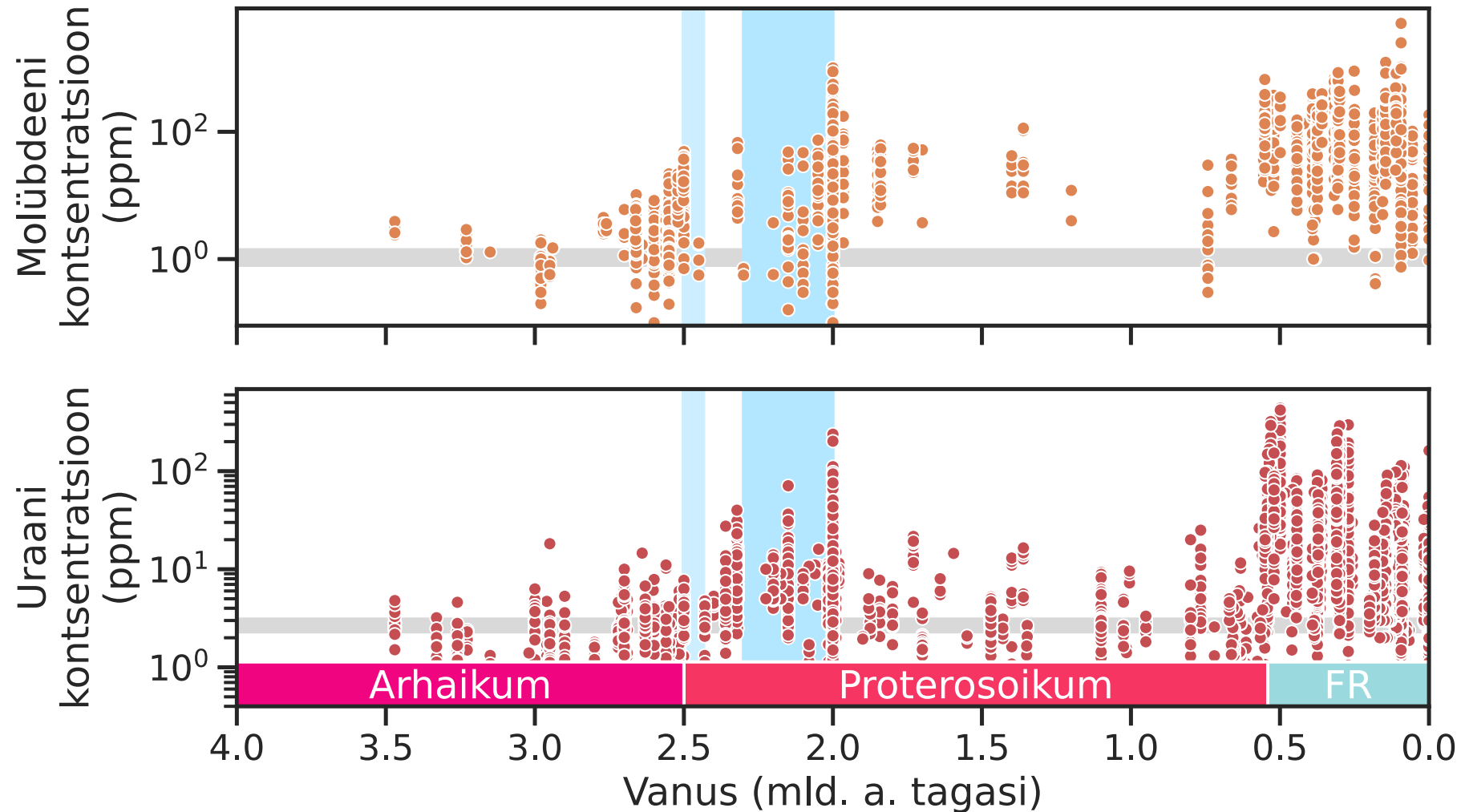
Lomagundi sündmus

Maakera ajaloo suurim süsinikuringe häiring (^{13}C üleküllus ^{12}C arvelt); 2.2–2.06 mld. a. tagasi (Karhu et al., 1996; Krissansen-Totton et al., 2015).



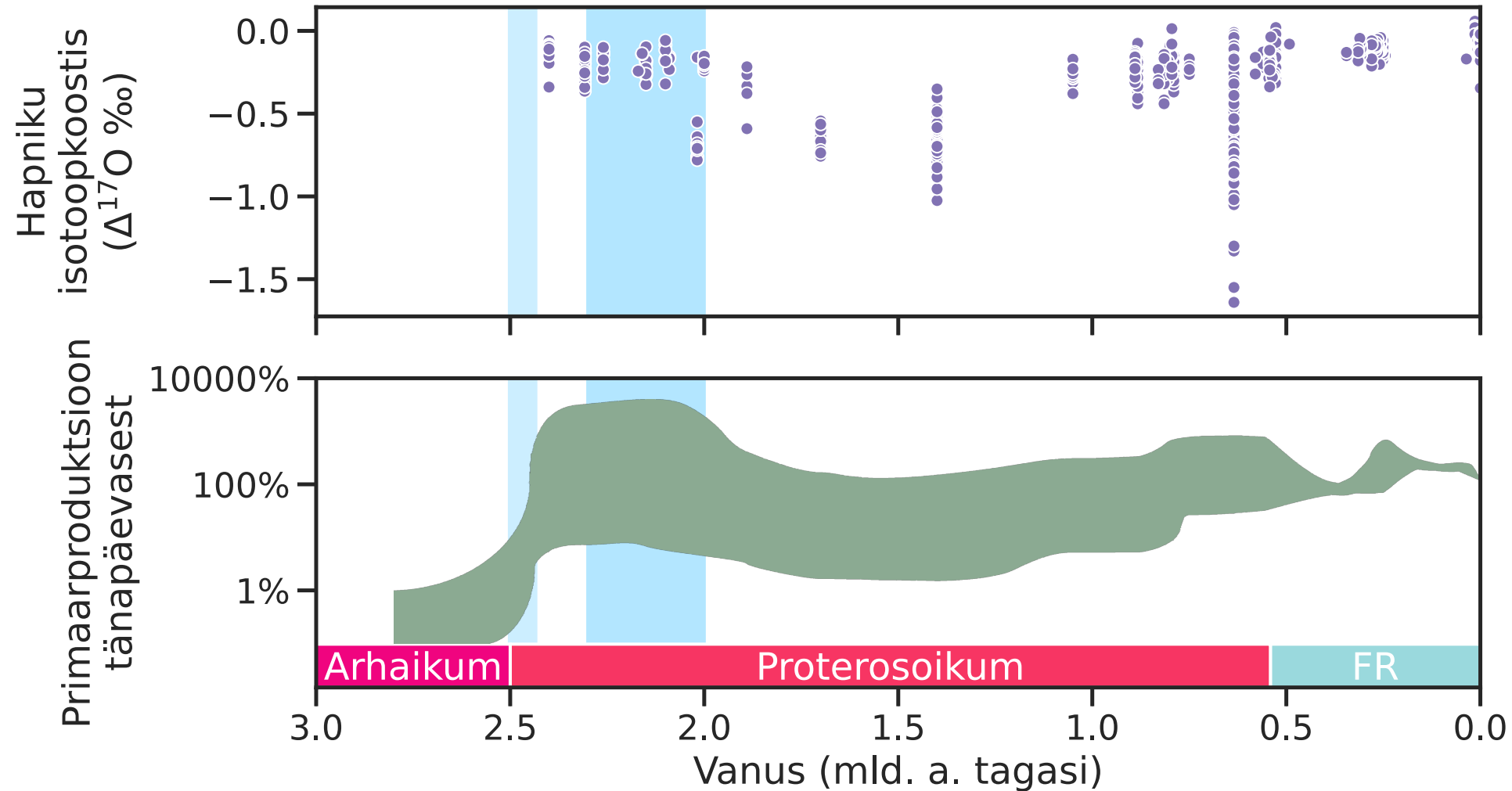
Hapnikust sõltuvate metallide rohkus

Metallide kõrged kontsentratsioonid 2,4–2,0 mld. a. näitavad hapniku rohkest (nt. Scott et al., 2008; Partin et al., 2013).



Bioproduktsiooni tõus

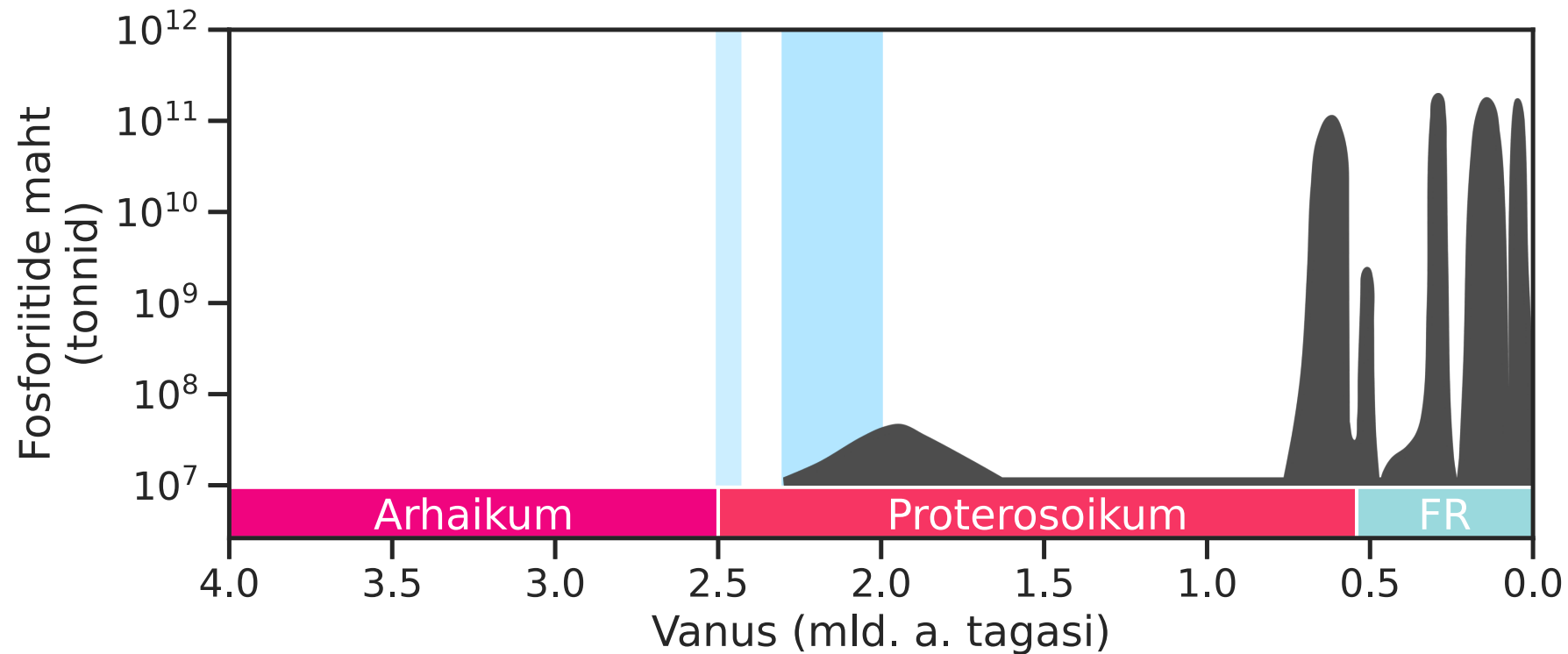
Hapniku isotoopanomaaliad viitavad kõrgenenud primaarproduktsioonile Lomagundi sündmuse paiku (Crockford et al., 2018, 2019; Hodgskiss et al., 2019).



Mis seda kõike põhjustas?

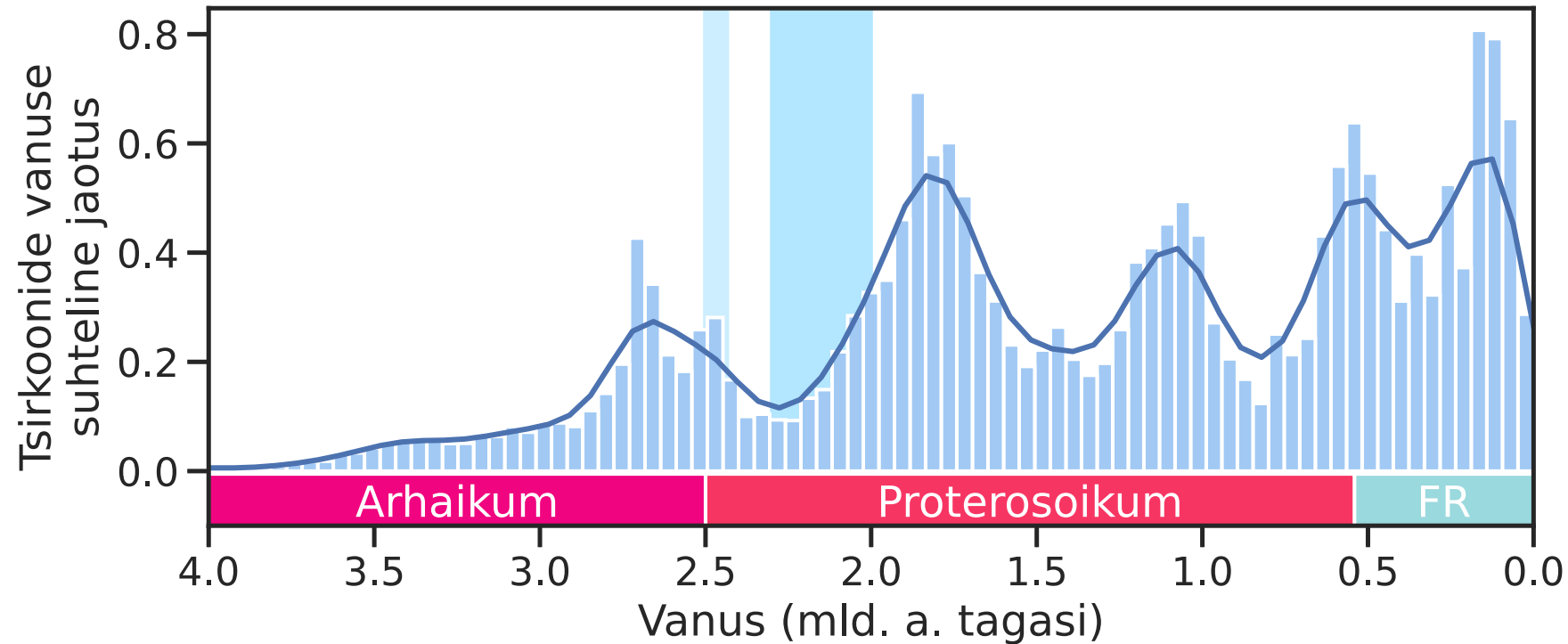
Intensiivne bioproduksioon seletab süsinikuringe anomaaliat ja kõrgeenenud hapnikutootlikkust. Päästikuks võis olla:

- Toitainerikaste mineraalide lahustumine varatekkelise hapniku mõjul + vabastatud toitainete transport ookeanidesse (Pufahl & Hiatt, 2012)?



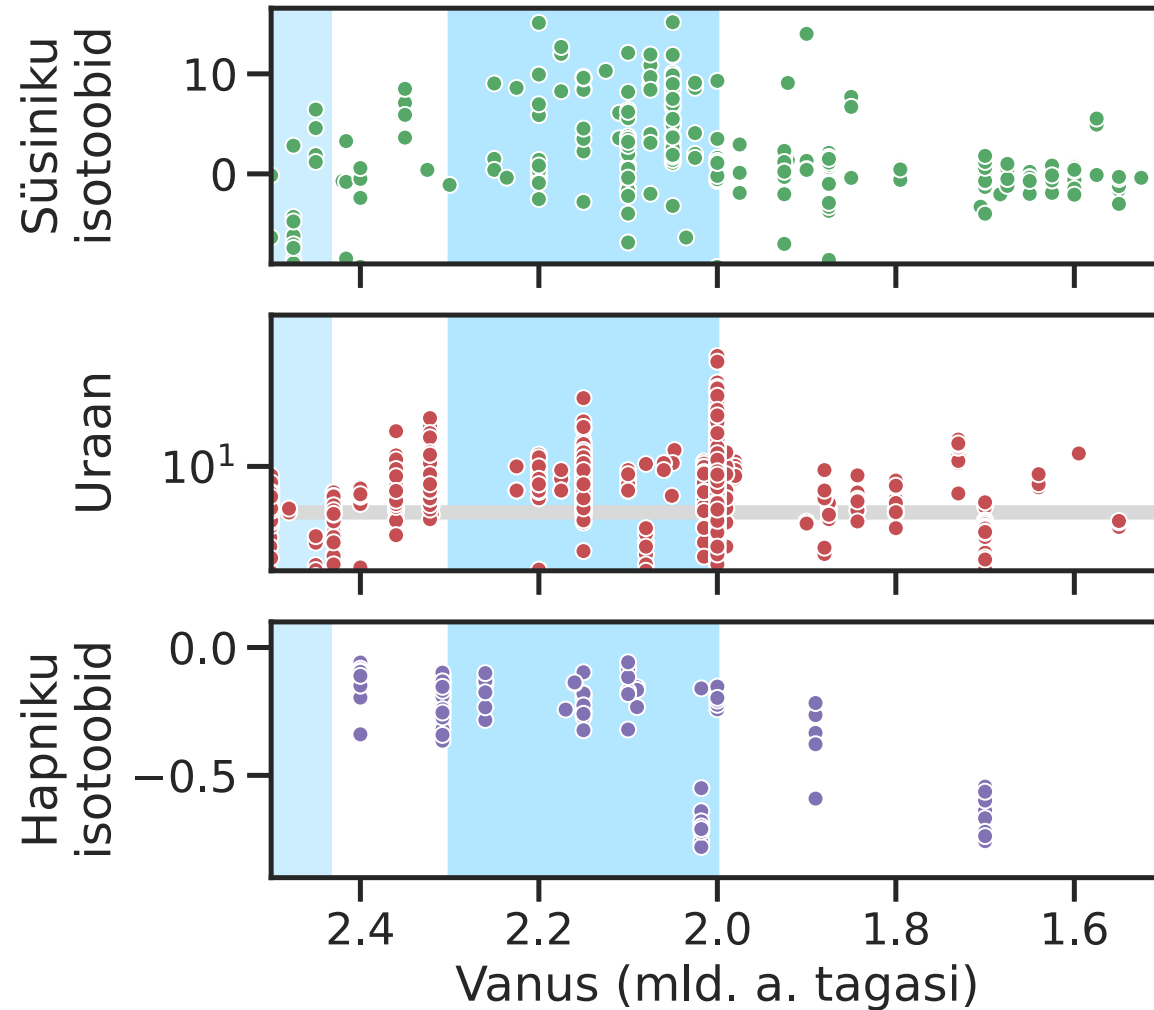
Mis seda kõike põhjustas?

- Kontinentide paigutuse tõttu leidis bakterimattidele palju madalmerelisi nišše (Voice et al., 2011)?



Kõik kukub kokku: Kesk-Proterosoikum

Pärast ~2.0 mld. a. hääbus süsinikuringe häiring, langes bioproduksioon ja hapnikutase.



Hapniku languse põhjused

- Toitainerohked mineraalid lõppesid otsa?
- Tektoonika muutuse tõttu kadusid nišid bakterimattidele?
- Maapõue hapnikuvaeste gaaside ja laavade vood suurenesid?

Kesk-Proterosoikumi Maa ebastabiilsus

Üleüldine madal hapnikufoon, aga leitud siiski hapnikurohkeid "oaase" ja globaalseid hapnikurohkeid epohhe.

Sufficient oxygen for animal respiration 1,400 million years ago

Shuichang Zhang^{a,1}, Xiaomei Wang^a, Huajian Wang^a, Christian J. Bjerrum^{b,c}, Emma U. Hammarlund^{d,e}, M. Mafalda Costa^{f,g}, James N. Connelly^{f,g}, Baomin Zhang^a, Jin Su^a, and Donald E. Canfield^{d,e,1}

No evidence for high atmospheric oxygen levels 1,400 million years ago

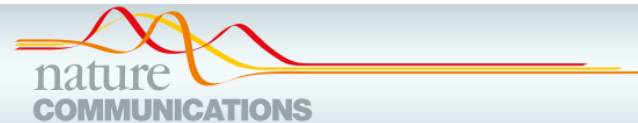
Noah J. Planavsky^{a,1}, Devon B. Cole^a, Christopher T. Reinhard^b, Charles Diamond^c, Gordon D. Love^c, Genming Luo^a, Shuang Zhang^a, Kurt O. Konhauser^a, and Timothy W. Lyons^c

Emerging Topics in Life Sciences (2018) 2 149–159
<https://doi.org/10.1042/ETLS20170161>

Review Article

A case for low atmospheric oxygen levels during Earth's middle history

Noah J. Planavsky^{1,2}, Devon B. Cole¹, Terry T. Isson¹, Christopher T. Reinhard^{2,3}, Peter W. Crockford^{4,5}, Nathan D. Sheldon⁶ and Timothy W. Lyons^{2,7}



ARTICLE

DOI: 10.1038/s41467-018-05263-9

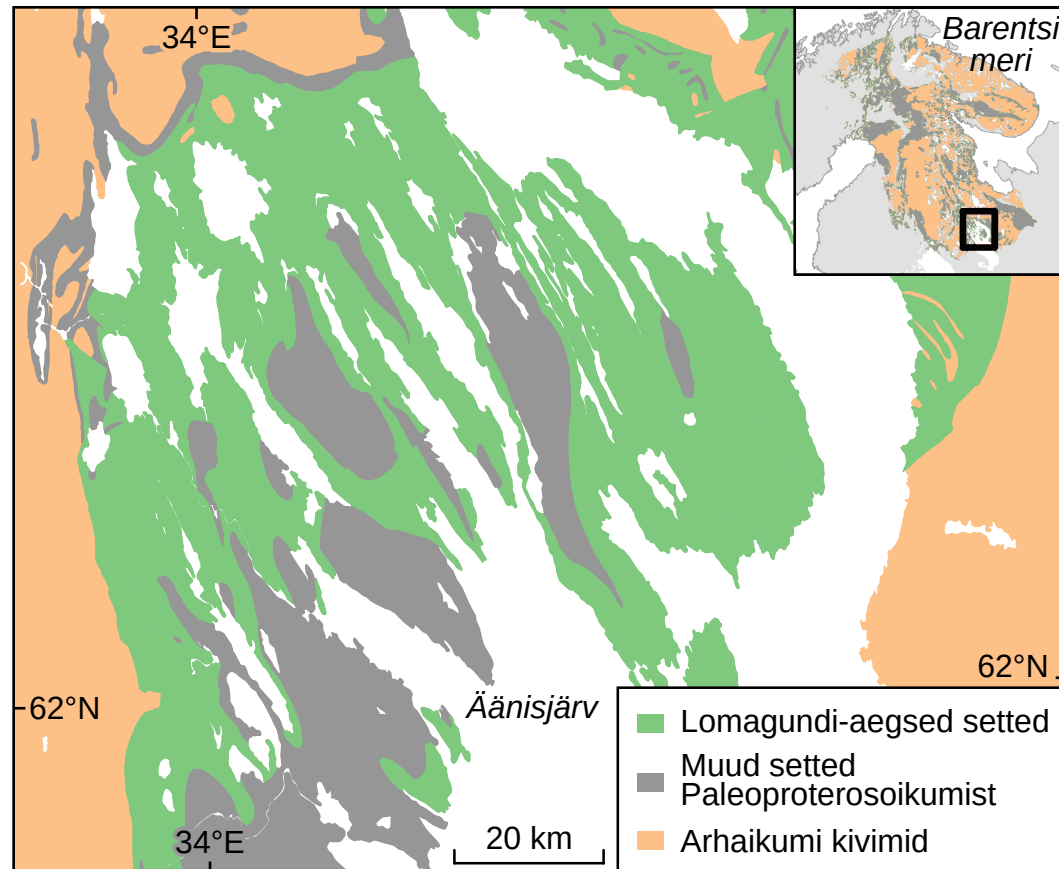
OPEN

Highly fractionated chromium isotopes in Mesoproterozoic-aged shales and atmospheric oxygen

Donald E. Canfield^{1,2}, Shuichang Zhang¹, Anja B. Frank³, Xiaomei Wang¹, Huajian Wang¹, Jin Su¹, Yuntao Ye¹ & Robert Frei³

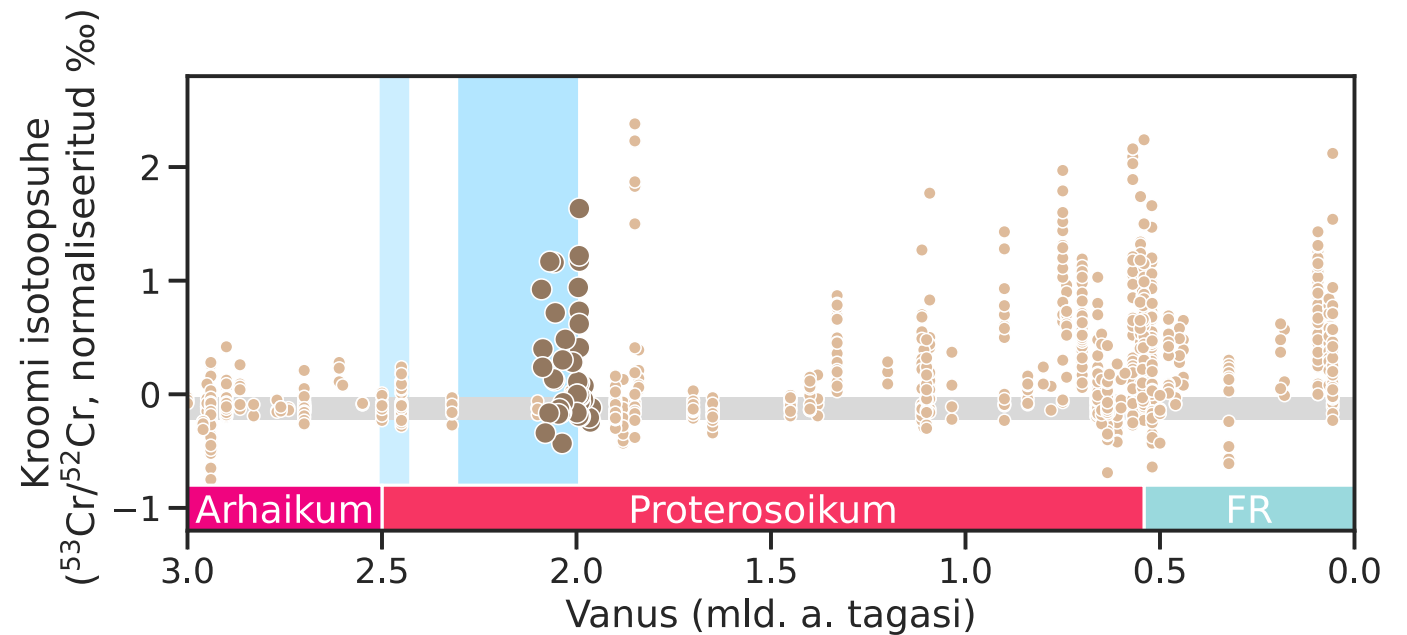
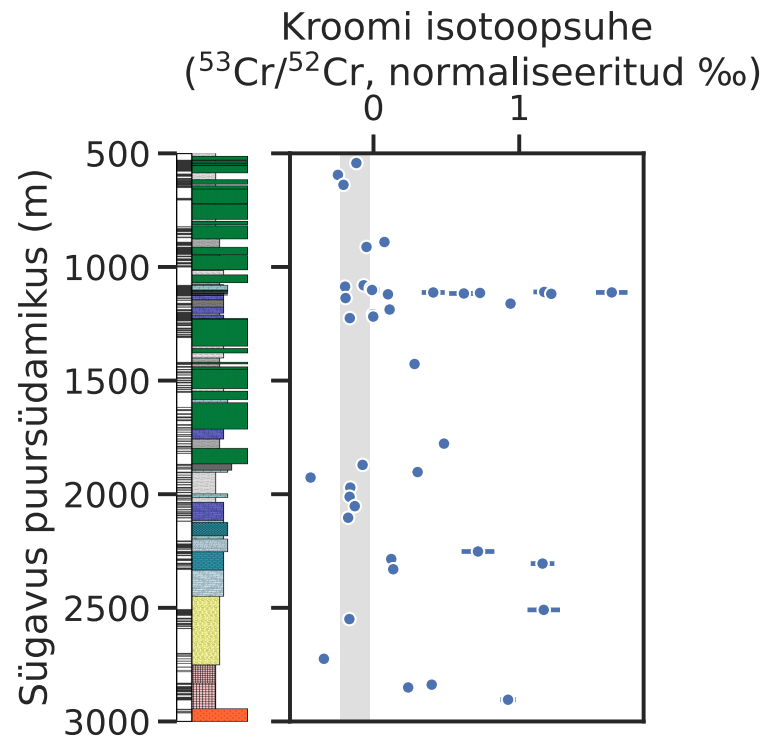
Täpsem pilt Lomagundi-aegsest hapnikust

Äänisjärve põhjakaldal on ühed kõige täielikumad Lomagundi sündmuse lõppu jäädvustavad settekivimid maailmas.



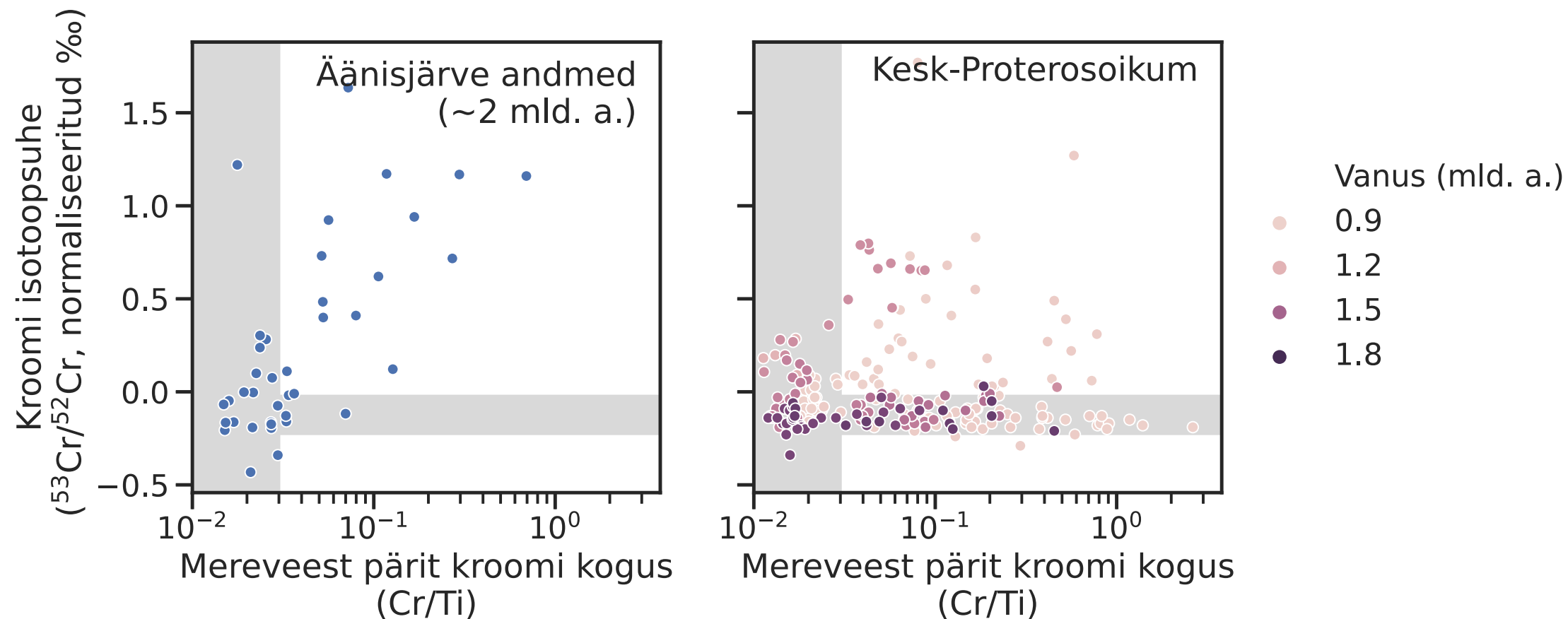
Järsk kontrast Lomagundi aja ja kesk-Proterosoikumi vahel

Kroomi isotoopkoostised nõuavad püsivalt kõrget atmosfääri hapniku taset >100 miljoni aasta pikkusel perioodil 2,09–1,96 mld. a. tagasi.



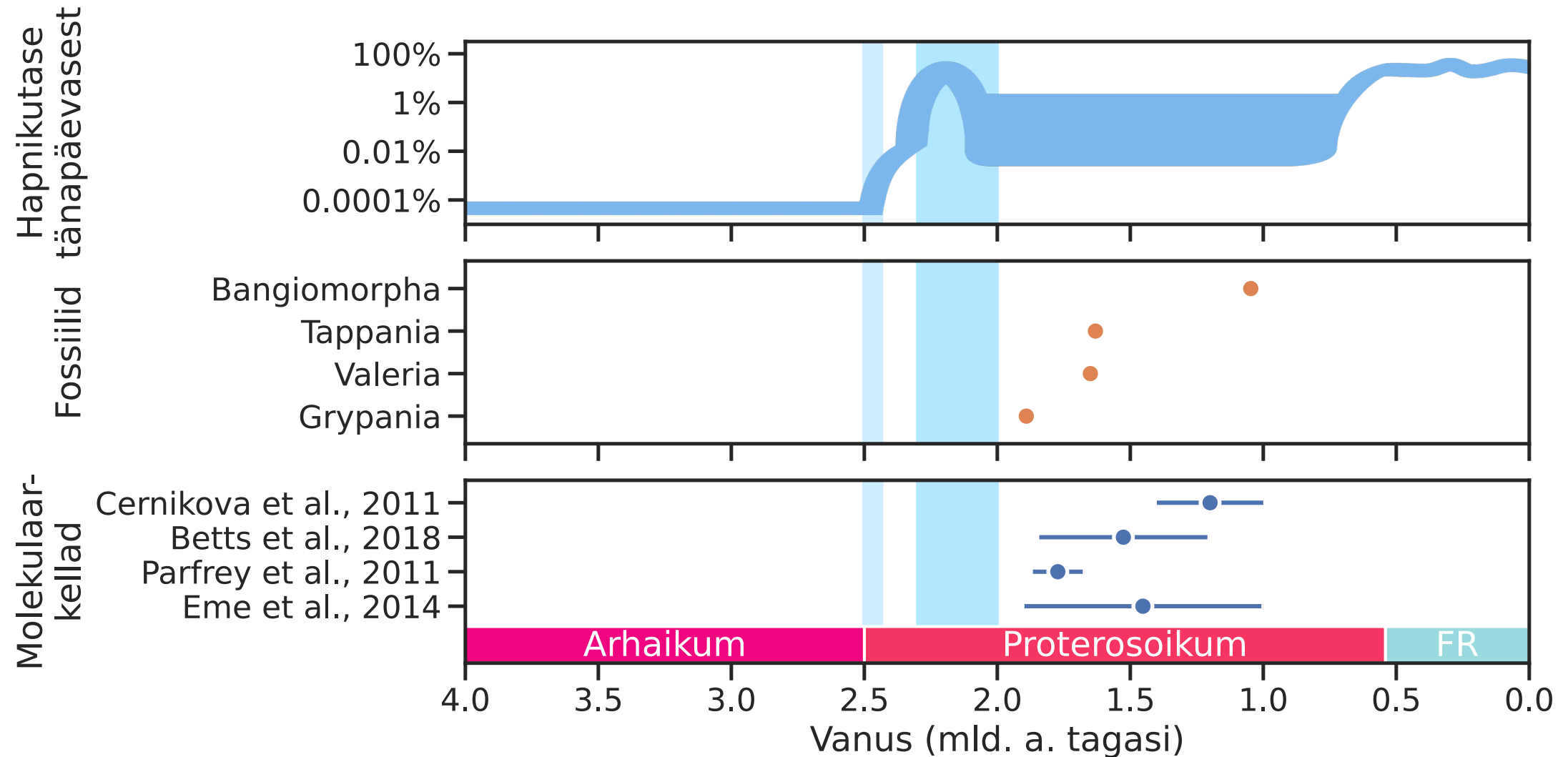
Järsk kontrast Lomagundi aja ja kesk-Proterosoikumi vahel

Muutus nii keskmise hapniku tase, kui ka pinnatingimuste **stabiilsus**.



Seos päristuumsete tekkega

Päristuumsed tekkisid kas "kaotatud paradiisis" või vahetult pärast selle kadumist.



Milline keskkond sobis päristuumsetele?

- Stabiilselt hapnikurikas O_2 *Overshoot*?
 - Tänapäeva päristuumsed armastavad hapnikku.
 - Mitmed põhitunnused aitavad hapnikustressi vastu.
- Hapnikuvaene ja kõikuv Igav Miljard?
 - Päristuumsete ühine eellane sai hakkama ilma hapnikuta.
 - Endosümbioosid on soositud (redoksi suhtes) ebastabiilses keskkonnas.

Kokkuvõte

- Biosfääri hoogustumine 2,5–2,3 mld. a. tagasi pani aluse hapnikurohke Maa esimesele tulekule.
- 2,0 mld. a. järgnes ca. miljardiaastane madala ja ebastabiilse hapnikutaseme aeg.
- Need kõikumised olid taustaks või isegi põhjuseks keeruka tänapäeva-tüüpi biosfääri tekkele.

Kokkuvõte

