

Rácz Kornél

“TAVI ÜLEDÉKEK ÁSVÁNYAINAK FOSZFORTARTALMA”

című PhD disszertációja

Válasz

Kovácsné Dr. Kis Viktória

opponens bírálata

Köszönöm a disszertációhoz fűzött alapos észrevételeit és a részletes bírálatot.

Az alábbiakban válaszolok a feltett kérdésekre:

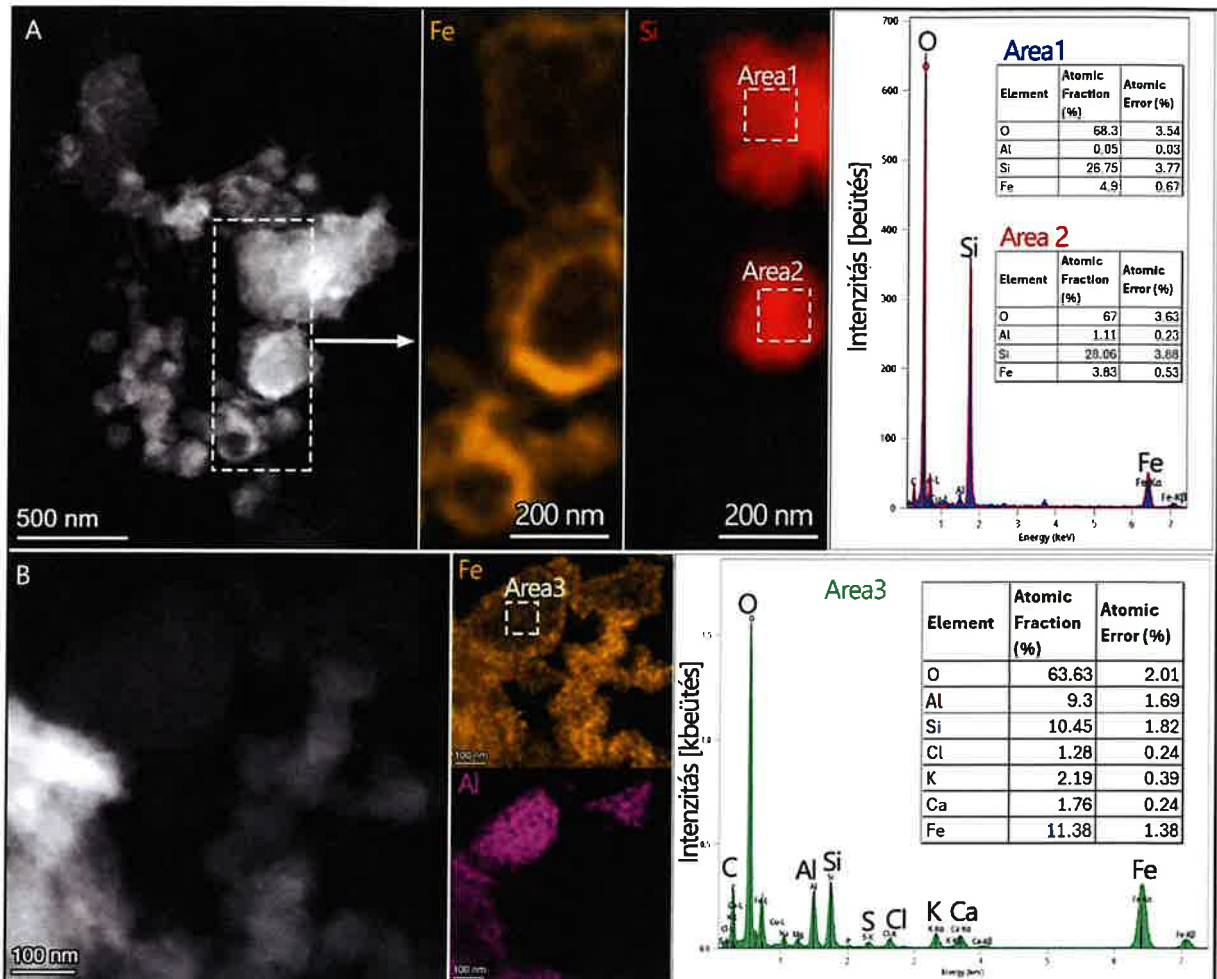
- 1) **„A kis-balatoni üledékben látható gömbhéj-szerkezetek kialakulására javasolja a Jelölt nagyobb szemcsék esetén a Si-tartalmú mag kioldódását. Milyen Si-(szilikát?) fázisra, illetve oldódási környezetre gondol a Jelölt?”**

Gartman és társai 2014 bemutattak hasonló üres gömbhéj-szerkezeteket, melyek egy metastabil mag visszaoldódásával magyarázták: *„...demonstrated broken spherical rings, which may have initially nucleated around a metastable phase that later dissolved”*.

A kis-balatoni üledék tartalmaz üres, vas-oxid gömbhéj-szerkezeteket, valamint Si-tartalmú szemcséket (magokat), amelyeket vas-oxid héj borít be. A Si-tartalmú magokat két csoportra oszthatjuk összetétel alapján; 'amorf' SiO_2 mag (1A ábra) valamint K-Ca-Al-szilikát, talán földpát (1B ábra). A SiO_2 magról szerkezeti értékelés nem készült az elemtérkép készítése előtt, így nem állapítható meg, hogy az elemzés előtt amorf volt-e vagy kristályos. Az üledékre jellemző azonban a diatóma vázmaradványok jelenléte, melyek amorf szilikából állnak. A diatómavázak pedig visszaoldódhatnak biogén módon vagy abiotikusan anoxikus körülmények között (ezt szemlélteti Zhao et al., 2025 cikke). A szilikát visszaoldódása a vas-oxid héj szerkezetének megőrzése mellett valószínűtlen.

Sejtek bevonatát képző vastartalmú héj is megtartja szerkezetét a sejt pusztulását és visszaoldódását követően (Benzerara et al., 2023; Gorlas et al., 2018). Az üledék vizsgálata során erre utaló jelet nem tapasztaltam, de nem kizárható.

A laboratóriumi munkám során azonban bemutattam, hogy az üres gömbhéj-szerkezetek képződéséhez nem szükséges se SiO_2 , se sejtek jelenléte.



1. **ábra:** A kis-balatoni üledékben jelenlévő vas-oxid gömbhéj-szerkezetek. (A) A vas-oxid gömbhéjban lévő SiO₂ mag STEM-EDS elemzése. A net-intenzitás elemtérképek 300 frame kombinálásával és 5 pixel átlagolásával készültek. (B) A vas-oxid gömbhéjban lévő szilikát mag STEM-EDS elemzése. A net-intenzitás elemtérképek 300 frame kombinálásával és 3 pixel átlagolásával készültek.

- 2) „A Jelölt által azonosított három fő foszfáthordozó forma az Mg/Ca vs. (Ca+Mg)/P digramon jól elkülönül. Ugyanakkor egy általános, csoportokon átívelő (illetve csoportokat összekötő) exponenciális jellegű összefüggés tűnik mutatkozni, melynek elkülönülő tartományaiban csoportosulnak a polifoszfát-, a sejtek melletti foszfát- és az inorganikus foszfátrészecskék. A polifoszfát részecskék érése/öregedése során átmeneti fázisokon keresztül az átalakulási sor a termodinamikailag stabil apatit-hoz vezet. A polifoszfát Mg tartalma a legnagyobb. A Mg inhibitoriként működik az apatit kristályosodása során, illetve stabilizálja a prekursor ACP fázist. Mi történhet a polifoszfátból apatitképződés során felszabaduló Mg-mal? Lokalizálható-e a Balaton üledékében?”

A sejtek mellett amorf kalcium-karbonát (ACC), Mg-ACC és Mg-kalcit mindig jelentős mennyiségben van (Pósfai et al., 2024). Feltételezhető, hogy a felszabaduló Mg is Mg-ACC formájában kicsapódik.

Benzerara, K., Elmaleh, A., Ciobanu, M., De Wever, A., Bertolino, P., Iniesto, M., Jézéquel, D., López-García, P., Menguy, N., Muller, E., Skouri-Panet, F., Swaraj, S., Tavera, R., Thomazo, C., & Moreira, D. (2023). Biomineralization of amorphous Fe-, Mn- and Si-rich mineral phases by cyanobacteria under oxic and alkaline conditions. *Biogeosciences*, 20(19), 4183–4195. <https://doi.org/10.5194/bg-20-4183-2023>

Gartman, A., Findlay, A., & Luther, G. (2013). Nanoparticulate pyrite and other nanoparticles are a widespread component of hydrothermal vent black smoker emissions. *Chemical Geology*, 366. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.12.013>

Gorlas, A., Jacquemot, P., Guigner, J.-M., Gill, S., Forterre, P., & Guyot, F. (2018). Greigite nanocrystals produced by hyperthermophilic archaea of Thermococcales order. *PLOS ONE*, 13(8), e0201549-. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201549>

Pósfai, M., Molnár, Z., Nyirő-Kósa, I., **Rác, K.**, Pekker, P., & Istvánovics, V. (2024). Carbonate mineral formation in the vicinity of blooming algae in a shallow lake. In *Geomicrobiology: Natural and Anthropogenic Settings* (pp. 261–280). *Springer Nature Switzerland*. (könyvfejezet) https://doi.org/10.1007/978-3-031-54306-7_13

Zhao, S., Saad, E. M., Pickering, R. A., Liu, P., Zuo, H., Zhao, L., Ingall, E., Taillefert, M., Reinhard, C. T., Dong, H., Krause, J. W., & Tang, Y. (2025). Rapid transformation of biogenic silica to authigenic clay: Mechanisms and geochemical constraints. *Science Advances*, 11(44). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adt3374>

Veszprém, 2026. április 22.



Rác Kornél