

Rácz Kornél

“TAVI ÜLEDÉKEK ÁSVÁNYAINAK FOSZFORTARTALMA”

című PhD disszertációjának bírálata

Készítette: Kovácsné Kis Viktória

A disszertáció a meszes tavakban zajló foszfortranszportot vizsgálja a nanoméretű ásványfázisok, különös tekintettel a vas-oxihidroxidok szerepére fókuszálva, a Balaton példáján. A téma aktualitását a 2019-es, korábbi maximumot lényegesen meghaladó klorofillkoncentrációt eredményező algavirágzás adja. Ennek háttéréről 2022-ben Istvánovics Vera és szerzőtársai megmutatták, hogy az extrém mennyiségű foszfor a tó üledékéből szabadult ki. A dolgozat célja a foszforszint-növekedés okának feltárása, a foszfor ásványtani speciációjának vizsgálata az üledékben és a vízoszlopban előforduló nanoásványok stabilitására, asszociációira fókuszálva. A dolgozat a Pannon Egyetem Nanolab központjában készült, mely az elsődleges infrastrukturális háttérrel nyújtotta a kutatáshoz. A téma mind tudományos (a Balaton a sekély meszes tavak modelljének tekinthető), mind társadalmi-nemzetgazdasági (balatoni turizmus) vonatkozásai figyelemreméltóak. A globális léptékű tranzienst folyamatokat kiváltó nanoléptékű mechanizmusok vizsgálata újszerű megközelítés.

A disszertáció arányos felépítésű, nyelvezete, stílusa a tudományos tartalomnak megfelelő. Az érdemi rész 93 oldal, ezt követi a téziszűzet, 3 oldal függelék és egy 233 tételt tartalmazó hivatkozásjegyzék, ami magában foglalja a témával összefüggő fontosabb tudományos előzményeket. A hivatkozások foramilag megfelelnek, követik a nemzetközi normákat. Megjegyzem, hogy véleményem szerint doktori disszertációban nem szükséges, illetve releváns egyetemi tankönyveket idézni.

Az irodalmi áttekintésben a Jelölt tömören, 26 oldalban összefoglalja a kutatási előzményeket, melyet egy remekül fókuszált 4 pontos “Hipotézisek, célkitűzések, tervek” fejezet követ, ami mutatja a kutatási előzményekkel való kapcsolatot és a disszertáció gondolatmenetét is kijelöli.

Egy apró hiányérzetem van a célkitűzésekkel kapcsolatban. A disszertáció “Eredmények” fejezetének (40 oldal) kb. 40%-át laboratóriumi vas-oxihidroxid szintézis- koprecipitációs és adszorpciós kísérletek teszik ki. A célkitűzések között a Jelölt nem tesz utalást erre az egyébként logikus felépítésű, masszív, értékes kísérletsorozatra, mely összehasonlítási alapként szolgál a balatoni eredmények diszkussziójában (14 oldal).

Módszertan

A reakciótermékek és a balatoni nanoméretű ásványfázisok összetételi és szerkezeti vizsgálatára egyaránt ideálisak a Jelölt által elsődlegesen használt transzmissziós elektron-mikroszopos módszerek.

Tavi üledékek folyamatait a legtöbb szakirodalom szekvenciális kioldásos vizsgálatok alapján tárgyalja, ami nem teszi lehetővé az egyes elemek ásványfázishoz való kapcsolódásának vizsgálatát. Transzmissziós elektronmikroszkopos vizsgálatok révén eddig ismeretlen tényezők szerepét ismerhetjük meg. Mobilitás szempontjából nem mindegy például, hogy a foszfor ferrihidriten adszorbeált-e vagy apatit nanorészecske kristályrácsába van beépülve. Ezért elmondható, hogy disszertáció témájában a kutatási módszertan nemzetközi szinten innovatív megközelítés. A TEM módszerek bemutatását dicséretesen szabatos nyelvezet jellemzi, a dolgozat fókuszának megfelelően szükséges mélységig ismertette azokat, szakmai igényességgel.

A mérési módszerek korlátaival a Jelölt tisztában van (megjegyzem, hogy a bevezetőben a P kimutatási határként 0.1w%-ot adott meg, míg a téziszűzetben 0.2 w% szerepel), EDS méréseinek értékeléséhez a vizsgált anyagra specifikus mérési eljárást dolgozott ki, melyet munkája során következetesen alkalmazott. Az egyedi nanoméretű ásványfázisok STEM EDS mérési eredményeit matematikai statisztikai módszerekkel elemezte, mely jelentősen hozzájárult a következtetésekhez. Ugyanakkor, a bemutatott elemterképeken nem derül ki, hogy mi van ábrázolva (intenzitás, nettó intenzitás, at%, w%, feltehetőleg nettó intenzitás, de ezt mondani kellene), illetve az sem, hogy az ábrázoláshoz használtak-e, és ha igen milyen pixelátlagolást (pl. a 11. ábrán ránézésre valószínű használtak).

Új tudományos eredmények:

- 1.) Egyedi nanoméretű ásványfázisok összetételét vizsgálva a Jelölt három fő foszforhordozót mutatott ki: (1) biogén eredetű polifoszfát (2) amorf foszfátgazdag részecskék biológiai struktúrák közelében és (3) szervesetlen, foszforgazdag üledékszemcsék. Az egyes csoportokat a Jelölt méreteloszlásuk és relatív iontartalmuk közötti korreláció alapján a egyértelműen azonosította.
- 2.) Megállapította, hogy a szervesetlen foszfort tartalmazó ásványfázisok elsősorban agyagásványokhoz, különösen szmektithez kötődnek, és rámutatott arra, hogy a szmektit által biztosított kristályosodási felület közvetett módon hozzájárul a foszfor fixációjához.
- 3.) Kimutatta, hogy korábbi nézetekkel szemben, nincs jelentős mennyiségű vas-oxihidroxid a Balaton üledékében, és a vas-oxihidroxidokon adszorbeált foszfor mennyisége elhanyagolható. Ugyanakkor a Kis-Balaton üledéke jelentős mennyiségű vas-oxihidroxidot tartalmaz, melyekhez változó mennyiségű foszfor kapcsolódik. A Balaton esetében a Jelölt az autigén apatit és más Ca-foszfát fázisok szerepére mutat rá.
- 4.) Tavi minták és laboratóriumi kísérletek eredményének összehasonlításával a biogén eredetű polifoszfát Balaton-beli átalakulási szekvenciájára tett javaslatot.

Eredményeit a Jelölt 5 tézispontban foglalta össze. A tézispontokat elfogadom.

Az új tudományos eredményeket a Jelölt két társszerzős, illetve egy első szerzős publikációban közölte, mindkettő a szakterület rangos nemzetközi folyóiratában jelent meg, ezzel teljesítette a Doktori Iskola által előírt követelményeket.

Megjegyzések:

- 1.) A 43. oldal 13c ábra aláírásában tévesen szerepel a hatvonalas ferrihidrit, itt hematitot látunk [001] vetületben.
- 2.) A 4. táblázatban a mintavételezés évszáma 2012 vagy 2021?
- 3.) Az ICP mérés nincsen ismertetve a Vizsgálati módszerek fejezetben.
- 4.) A 26c ábrán a vonalprofil egy megadott pixelszélességű sávban mutatja a Jelölt. Ez a módszer közeli nagy félértékszélességű csúcsok elkülönítését (mint amilyen erre a felvételre jellemző) nehezíti, a radiális integrálás jobb szögfelbontást ad.
- 5.) Whitlockit rácspáraméter értékei erősen függenek a Mg-tartalomtól, pl. $a_0=10.447 \text{ \AA}$ és $c_0=37.33 \text{ \AA}$ (ICSD #127260), illetve $a_0=10.328 \text{ \AA}$ és $c_0=36.99 \text{ \AA}$ (ICDS # 128249), ezért TCP-től SAED mérések alapján nem különíthető el megbízhatóan. (5.2.1.2 fejezet)
- 6.) A Balaton üledékének röntgendiffrakciós vizsgálatához, tekintettel az esetleges vas-oxihidroxid és agyagásvány fázisokra, véleményem szerint célszerűbb a 2 mikron alatti frakció használata (a Jelölt 70 mikron alatti frakciót vizsgált).

Kérdéseim:

- 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?
- 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 inhibitoroként 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?

Biatorbágy, 2026. április 20.



Kovácsné Kis Viktória