

Válaszok Dr. habil Zseni Anikó egyetemi docens opponensi véleményére

Pitás Viktória

okleveles környezetmérnök

„Az eleveniszapos szennyvíztisztítás adaptációs képességének vizsgálata ipari szennyvizek tisztítása során”
című doktori (PhD) értekezésről

Tisztelettel köszönöm Dr. Zseni Anikó egyetemi docensnek értekezésem átfogó, részletes értékelését, melyet 6 számozott oldalon keresztül, mindenre kiterjedően dolgozott ki. Az opponensi véleményben foglalt észrevételekkel egyetértek, a megfogalmazott észrevételekre az alábbiakban szeretnék tételesen válaszolni.

1. észrevétel: „Kis zárójeles megjegyzés: a II. és III. tézishez megjelölt fejezetszámokba elütés csúszott.”

Válasz: Köszönöm az észrevételt, sajnos magam nem vettem észre mindeddig, így javításra sem tudott sor kerülni.

2. észrevétel: „Az irodalomjegyzékben azonban több tétel esetében a szerzők vezetéknéve nincs feltüntetve (csak egy betűvel rövidítve), csak a keresztnéve (lásd például [19], [37], [39], [43], [44], [48], [51], [53], [55], részben [93], [136]).

Válasz: a műhelyvitára bocsátott változatban kifogásolt idézési mód javítására tettem lépéseket a használt hivatkozáskezelőben, úgy tűnik sajnos, hogy elkerülte a figyelmemet, hogy a beállított stílus a magyar szerzők neveit ilyen módon hivatkozza. Sajnálom, hogy nem ezt vettem észre időben.

A feltett bírálói kérdésekre alábbiakban szeretnék röviden írásban reagálni, részletesen a nyilvános védésen szóban fogom kifejteni a válaszokat.

1. kérdés: „Mi alapján választotta ki az aMDEA tartalmú szennyvízzel kapcsolatos laboratóriumi vizsgálatban alkalmazott reaktorkialakítást és üzemeltetési körülményeket? Mennyire tükrözik ezek a laboratóriumi körülmények a valós telephelyen lévő ipari szennyvíztisztító rendszer működését?”

Válasz: A használt laboratóriumi eszközöket a rendelkezésre álló eszközök halmazából választottam ki. Ma már valószínűleg a használt reaktortól kissé eltérő geometriájú reaktort választanék, viszont ugyanúgy szakaszos üzemű berendezést. A reaktor terhelési, és az eleveniszap adaptációs stratégiája úgy került felépítésre, hogy a 3. üzemeltetési szakaszban elérje a telephelyen, nagyüzemi méretben kialakuló szennyvízáram arányokat, hidraulikai terhelési értékeket. A piaci megkeresés valójában eddig tartott, a 4-5. üzemeltetési szakaszt már csak a tudományos kíváncsiság vezérelte.

- 2. kérdés: „Az aMDEA tartalmú szennyvízzel kapcsolatos laboratóriumi vizsgálat során mi alapján választotta ki az üzemeltetés egyes szakaszainak időtartamát (20, 40, 17, 26 nap), és mit gondol, hogyan változtak volna az eredmények, ha változtak volna az egyes szakaszok időtartamai?”**

Válasz: Az egyes üzemeltetési időszakok hosszát a napi szinten vizsgált paraméterek értékének változásai alapján állapítottam meg, ilyen módon monitorozva az eleveniszap adaptációját. Amennyiben eltelt annyi idő, hogy a kritikus paraméter(ek) a kívánt értékre vagy annak közelébe csökkent(ek), újabb terhelési időszakot indítottam. Azonban (ahogy minden eleveniszapos üzemeltetési feladatban, melyben eddig részt vettem) a tudományosan kevésbé jól védhető intuíciónak is jelentős szerepe volt az egyes beavatkozások időzítése kapcsán. Amennyiben rövidebb időintervallumokat választok, úgy az eredmények véleményem szerint nem lettek volna kielégítőek, amennyiben hosszabbat, akkor véleményem szerint ugyanide jutottam volna el, csak hosszabb idő alatt.

- 3. kérdés: „Véleménye szerint a laboratóriumi vizsgálatban az adaptáció során megfigyelt tisztítási teljesítménynövekedés milyen mértékben tulajdonítható az új mikroorganizmusok elszaporodásának (populáció szintű adaptáció: genetikai szintű módosulások, mutációk), illetve a meglévő mikroorganizmusok adaptációjának (nem-genetikai, pl. fiziológiai módosulások, enzimatisz alkalmazkodás, megváltozott metabolikus tevékenység a meglévő genetikai potenciálon belül)?”**

Válasz: úgy gondolom, hogy az ilyen időtáv, mint amilyenel összességében a laboratóriumi hosszú távú bonthatósági vizsgálatokat folytattam, már túlmutat az akklimatizáción, és egyértelműen beszélhetünk generációkon átívelő alkalmazkodásról, azaz adaptációról. Sajnos akkortájt, amikor ezt a kísérletet folytattam, még nem állt rendelkezésre olyan génszekvenálási vizsgálat, mint a kokszolói szennyvizek esetén. Az egyes üzemelési időszakok végén vett minták elemzése, és a fajösszetételről nyert információ tovább erősíthette volna a kutatás jelentőségét.

- 4. kérdés: „A kokszolói szennyvizek kapcsán a szakirodalmi áttekintésnél terjedelmi okokból nem tért ki az előkezelés lehetőségeire. Milyen előkezelési technológiák javíthatnák a kokszolói szennyvíz biológiai kezelhetőségét?”**

Válasz: Irodalmi kutatásaim során számos, a kokszolói szennyvizek biológiai tisztítási fokozatát megelőző előkezelési módszerrel találkoztam (pl. AOPk, vagy membrántechnológiák), azonban személy szerint nem vagyok meggyőződve ezek hatékonyságáról (illetve nagyüzemi méretben a jó ár-érték arányáról). Megvalósíthatónak az „egyszerűbb” fizikai (mint kátrányleválasztás) és fizikai-kémiai eljárásokat tartom, melyek kifejezetten a biológiai fokozat számára rendkívül toxikus szabad cianid eltávolítását célozzák (pl. az általam vizsgált üzemben alkalmazott meleg kalcium-poliszulfidos kezelés).

- 5. kérdés: „Az ipari szennyvizek mikrobiális közössége gyakran kisebb diverzitású, de funkcionálisan specializált a lakossági szennyvizekhez képest. A kokszolói szennyvízre vonatkozóan végzett diverzitás vizsgálatai mennyiben támasztják alá ezt az általános állítást?”**

Válasz: az általam elvégzett mintavételeket követő génszekvenálási eredmények alapján nem vonható le egyértelműen ilyen következtetés, mivel a legnagyobb gyakorisági értékkel (>1%)

előforduló nemzetségek száma például a nagy és a kis terhelési időszakban vett mintákban jóval kisebb volt, mint a közepes terhelésű időszakban vett mintában. Az értékelhetőséget tovább tarkítja (mondhatni nehezíti), hogy a kis terhelésű időszakban vett minták egy másik helyen, másik módszerrel kerültek megvizsgálásra, valamint hogy az adott terhelési időszak elején, közepén vagy végén történt a mintavétel, továbbá számos változó paraméter (pl. a szennyvíz minőségében) nehezen vehető figyelembe. Mindezekkel együtt talán azt ki merem jelenteni, hogy egy aktuális változásban (adaptációban) lévő rendszer valószínűsíthetően diverzebb, mint egy már stabilizálódott közösség (a lakossági szennyvíziszapot utóbbinak tekintem).

6. kérdés: „Milyen irányba fejlesztené tovább a vizsgálatait?”

Válasz: érdekesnek tartanék például egy olyan adaptációs stratégia építést, melyben több párhuzamos reaktorban lehetne vizsgálni több különböző, nehezen bontható szennyvíz adaptációjához, terhelési stratégiájához megfelelő időszükségletet. Akár olyan módon, hogy több különböző iszapkoncentrációval (így kialakuló fajlagos terheléssel) üzemelő reaktort vizsgálnék egyszerre. Elképzelhetőnek tartom, hogy gondos kísérlettervezést és hosszas kutatási munkát követően születhetne egy olyan képlet, melyben az egyes paraméterek megadásával megkapnánk a szükséges adaptációs időt. Szintén izgalmasnak tartanám részleteiben megvizsgálni a kometabolizmust bizonyos igen nehezen bontható vegyületek esetére különféle könnyen bontható elsődleges szubsztrátok egyidejű alkalmazásával, több párhuzamos reaktorban.

Tisztelettel kérem Dr. habil Zseni Anikót az észrevételeire, kérdéseire adott válaszaim elfogadására.

Veszprém, 2026. június 29.

Pitás Viktória