

## *Doktori értekezés véleményezése*

**A Jelölt:** Gulyás Gábor: (okleveles környezetmérnök)

**Az értekezés címe:** „Települési szennyvíz nehézfém tartalma és annak hatása a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának lehetőségeire”

### **A téma tudományos és társadalmi jelentősége:**

A fejlett emberi civilizáció megjelenése óta szennyvíz keletkezik, aminek egy velejárója, hogy a szerves és szervetlen anyagok egy része előbb-utóbb kiülepszik. A keletkezett iszapot a szennyvíz rendszerből, illetve a tisztítókból el kell távolítani, annak egy megfelelő elhelyezést kell találni. Ahogyan a jelölt a dolgozatában bemutatta, a keletkezett iszapokra azok magas hasznosítható ásványianyag-tartalma miatt célszerűen inkább értéként kell tekinteni, mintsem deponálandó hulladékként. A jelölt által bemutatott mezőgazdasági hasznosítás egy praktikus felhasználási terület lehet, ami nemzetgazdasági szempontból is számottevő értéket teremthet.

### **A szakirodalom feldolgozása:**

A szerző a doktori dolgozatban bemutatta a nehézfémek előfordulását, azok kibocsátásának természetes és mesterséges folyamatait, továbbá a nehézfémek emberre, állati szervezetekre és környezetre gyakorolt hatását. Ezt követően ismertette a szennyvizek nehézfém tartalmának csökkentési lehetőségeit. A szennyvíziszapok ártalmatlanítás szükségességének bemutatását követően a Jelölt összefoglalta kísérleti eredményeit a dolgozat tématerületének újdonságára, azaz a szennyvizek nehézfém tartalmának változását az eleveniszapos szennyvíztisztítás során, továbbá az így nyert szennyvíziszapok felhasználási lehetőségeit ismertette, majd értékes számításokat végzett el, amelyek igazolhatják a tématerület gazdasági jelentőségét.

A dolgozat jól követhető, olvasmányos, elgépelést, helyesírási hibát ritkán tartalmaz. Volumene megfelel a doktori dolgozattal szemben támasztott elvárásoknak. Az irodalmi rész (59 oldal) jól előkészíti a kísérleti részben (76 oldal) bemutatott tudományos eredmények szakirodalmi hátterét, jelentőségét és szükségességét.

A szakirodalom feldolgozása alapos, lépésről-lépésre, a dolgozat témájának megfelelően tárgyalja a nehézfém eltávolítás jelentőségét, azok szennyvizekben való előfordu-

lását az elmúlt 50 év adatai alapján, a keletkező iszapok minőségét és elhelyezési lehetőségeit. A dolgozat irodalmi része jól követhető, az egyes alfejezetekben a Jelölt alaposan feldolgozta a tématerület irodalmát, illetve kritikailag értékeli azokat.

A téma gyakorlati jelentőségét jól szemlélteti, hogy a jelölt bemutatta, hogy éves szinten több ezer tonna hulladék keletkezik, amelynek jelentős részt lerakással vagy depónálással kezelik, holott nagyrésze ásványi anyag utánpótlásként hasznosítható lenne.

A dolgozatban több mint 200 db irodalmi hivatkozást tartalmaz, amelyek közt szerepelnek a dolgozat tématerületét érintő, illetve a kísérleti munkával összefüggő saját publikációk is.

### **Vizsgálati módszerek megválasztása, kivitelezésük minősége:**

A kutatómunka során a Jelölt által alkalmazott vizsgálati módszerek korszerűek, alkalmasak a kísérleti rész célkitűzéseiben megfogalmazottak megvalósítására. A vizsgálati módszerek precizitása alkalmas a különböző minták kvalitatív-kvantitatív értékelésére.

### **Eredmények és a dokumentálás színvonala**

A Jelölt a felhasznált minták jellemzőit, az alkalmazott módszereket és számításokat általában kellő részletességgel mutatta be.

Különösen értékeseknek tartom a Jelölt által az előállított szennyvíz iszappal történő szántóföldi tápanyag utánpótlásra vonatkozó számításait.

A mért és számított eredményeket a Jelölt grafikus formában a dolgozat fő szövegében adta meg, melyek az összefüggéseket jól szemléltetik. A dolgozat mellékletében a mért értékek táblázatos formában is megtalálhatók.

### **Az eredmények értékelése, következtetések helyessége**

A Jelölt által bemutatott eredmények alapvetően reálisak, a következtetések logikusak, helytállóak. Tételes észrevételeim a következők:

### **Irodalmi rész:**

1. A Jelölt rendszerszemléletét jól tükrözi, a bevezetésben megemlíti, hogy a szennyvíztisztító termékein hasznosításánál kifejezetten káros komponensek lehetnek a termékekben. Ezek közül a dolgozat tématerületének megfelelően a szerves, szennyezők hatását részletesen elemzi, később azt is megemlíti, hogy a szerves, patogén komponensek és gyógyszermaradványok hatása a későbbi kutatás keretében vizsgálendő. Kitért arra is, hogy egyes nehézfémek bizonyos vegyületei inertek, míg mások kis koncentrációban is toxikusak.

2. A Jelölt az 1.3. fejezetben bemutatta különböző fémeltávolító eljárások, illetve azok alkalmazhatósági tartományát; reálisan kitért arra is, hogy ezek szükségessége csak bizonyos esetekben indokolt.
3. Az 1.6.1.1. fejezetben a Jelölt a szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosításának mutatja be, kiemelte a hasznosítás növelésének gátjaként a potenciális fertőzőképességet, illetve a nehézfémtartalom által okozott fitotoxicitás, mellett a környezetvédelmi szabályozásból adódó gazdasági kérdések (pl.: hogy a rekultiváció esetén közel 500-szoros mennyiségű iszap elhelyezhető) is meghatározóak.
4. Nagy örömmre szolgált, hogy az irodalmi részbe bekerült egy átvezető, részösszefoglaló fejezet, amiben a Jelölt az irodalmi rész alapján levonta a következtetéseket, és vázolta az Olvasónak, a következő fejezetekben tárgyalt kísérleti munka lépéseit.

### **Kísérleti rész**

5. A 3.1.1. és 3.1.2. fejezeten a jelölt részletesen bemutatta a vizsgált technológiát, annak működését, a mintavételezés módját, adatokat közölt a mérések pontosságáról (szórás, átlagos eltérés) is. A 3.1.2. fejezetben érdekes lett volna feltüntetni az anyagmérleg pontosságára vonatkozó adatokat is, pl.: azok a bejövő összetételtől, a rendszer dinamikájától, egyéb hatásoktól függtek-e, vagy „csak” a mérés hibájából eredtek.
6. A 3.1.3 fejezetben bemutatott kísérleti eredmények jól tükrözik az elvégzett munka nagyságát, jól szemléltetik a szennyvíztisztítóban lejátszódó komplex folyamatokat.
7. A 3.1.4. fejezetben a Jelölt összefoglalta eredményeit a nehézfémek tisztított szennyvíz / szennyvíziszap megoszlására vonatkozóan.
8. A 3.2 - 3.4 fejezetekben a Jelölt ismertette a tisztított szennyvizek öntözési célú felhasználási lehetőséget, a szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosítási lehetőségeit, illetve számításokat végzett ezen esetekben a tápanyagutánpótlásra vonatkozóan. Ezen számítások gazdasági szempontból is figyelemre méltóak.
9. A 3.5. fejezetben a 13 egyenlet, illetve a 3.6 fejezetben rendre a 14 és 15 egyenlet csak feltételesen igaz, ugyanis a növény tápanyagigényének meghatározásához a növény tápanyagigénye lett szorozva a termésátlaggal, ami nem megfelelő, hiszen a termés a növénynek viszonylag csak egy kis része. Ez csak abban az esetben helytálló, ha a növény minden más része a talajba beszántásra kerül.
10. A 3.6 fejezetben bemutatott (27) egyenletben, később VI tézispont esetén az index jelölések nem következtetések.

11. A 3.7. fejezetben megadásra került egy a kiszórás alternatívájaként szolgáló technológia az injektálás, mellyel a beszántás elhagyható lehet. Érdekes lett volna bemutatni, hogy az eljárásnak a költsége, hogyan viszonyul a szennyvíziszap beszántásához képest.
12. Annak ellenére, hogy a 32. táblázat, illetve a 37. táblázatban bemutatott eredményei alapján az injektálós kísérletek eredményei alapján a nehézfémek koncentrációja a határérték alatt maradt. Fontos lenne ismerni, hogy a földminták mintavételezésének és elemzésének mekkora az együttes hibája? Ahogy a Jelölt is rávilágított egyes koncentrációk „különös” ingadozást mutattak. Különösen szembe-tűnő a Közép-Dunántúli példa esetében, aholis a négyévnvi injektálás, összesen átlagosan 26,2 t/ha, azaz 2,62 kg/m<sup>2</sup> sz.a. kijuttatás mellett a magnézium tartalom 4,4-4,6%-ról, 9,6-12,5%-ra nőtt. Feltételezve, hogy a szárazanyag teljes mennyisége magnézium volt, a kijuttatott anyag csak a vizsgált 25-60 cm talajrétegben (pl.: 0,3 m<sup>3</sup> száraz föld kb. 400-450 kg) akkumulálódott és nem történt felvétel a növények által, akkor is csak egy nagyságrenddel kisebb mértékű koncentrációnövekedést kellett volna tapasztalni.
13. A 3.7.4. fejezetben a Jelölt megállapította, hogy „szennyvíziszap jelenlegi elem-tartalmát figyelembe véve folyamatosan és szakszerűen művelt termőföldeken tör-ténő hasznosításnál gyakorlatilag hosszabb távon sem kell számolni a nehézfémek felhalmozódásával.” A teljese életciklus szempontból fontosnak látom, a talajtáp-anyag számításának analógiájára egy nyomelemmérleg elkészítését elvégezni, amelyben egy átlagos termés / növény ösztömeg arányt, egy átlagos termésátla-got, illetve a 32. - 36. táblázat adatai alapján számítható nyomelemfelvétel alapján megbecsülni a termés átlagos nyomelem tartalmát néhány kiválasztott növénytí-pusra. Az így kapott értékeket pedig összehasonlítani az egészségügyi normákkal. Ha ezek az értékek is azt jelzik előre, hogy a növénytermesztés így is megfelel az előírásoknak, akkor az eljárás még inkább támogatottá válhat.

A dolgozat tézispontjaihoz részletes észrevételeim a következők:

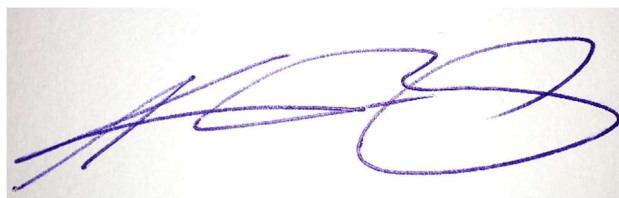
- Az I. tézispontban a jelölt összefoglalta a szennyvizek nehézfémtartalmának vizs-gálata során elért eredményeit, azaz, hogy a tisztítatlan szennyvíz veszélyes elem tartalma hogyan oszlik meg a tisztított szennyvíz és a szennyvíziszap között. Az eredmények új tudományos eredményként elfogadhatók.
- A II. tézispontban a jelölt felállított egy sorrendet a lakossági szennyvizekben elő-forduló nehézfémekre. Az eredmények a jelölt kísérleti eredményen alapulnak. A tézispont a némiképp hosszabb egy általános tézispontnál.
- A III. tézispontban a jelölt az általa vizsgált szennyvíztisztító eredményei alapján felállított egy sorrendet a szennyvíziszap nehézfémtartalmára vonatkozóan, me-lyek saját mérési eredményeken alapulnak.

- A IV. tézispontban a Jelölt saját számításai alapján megállapította, hogy a szennyvíziszapok jogszabályokban előírt módon történő kihelyezése milyen hosszú ideig történhet, amíg egy terület szennyezetté válik. A tézispontot új tudományos eredményként javaslom elfogadni.
- Az V. tézispontban a jelölt megállapította, hogy a kísérleti tapasztalatok alapján a intenzív szennyvíziszap kihelyezés esetén sem növekszik, hasznosul a növénytermesztés során. A tézispontot a fenti 12. és 13. észrevételek megválaszolója után elfogadásra javaslom.
- A Jelölt a VI. tézispontban a szennyvíziszappal és műtrágyával történő tápanyag utánpótlás költségének meghatározására állított fel egyenleteket, illetve végzett el számításokat. Az a. jelű alpont a dolgozat témájához önmagában kevésbé köthető, csak az összehasonlítást szolgálja. A b. pontban bemutatott egyenletet viszont önmagában nem, csak a dolgozatban bemutatott (14)-(27) egyenletrendszer alkotnak komplett egészet, illetve a 10. javaslat alapján történt módosítás után fogadhatóak el tézispontként.

Összefoglalásul elmondható, hogy a Jelölt egy jól megfogalmazott kutatási munka eredményeit foglalta össze. Az eredmények gyakorlati szempontból jelentősek. A dolgozatot a fenti kérdések, észrevételek megválaszolója után megvédésre és elfogadásra javaslom.

Üdvözlettel,

Kelt, Százhalombatta, 2020. szeptember 18.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, likely representing the name 'Kasza Tamás'.

Kasza Tamás, dr.

Eszközmenedzsment és Technológia, vezető