

Opponensi vélemény
Gulyás Gábor PhD jelölt értekezéséről Dr. Zseni Anikó által a bíráló főbb szempontjai alapján

Gulyás Gábor doktorjelölt a „Települési szennyvíz nehézfém-tartalma és annak hatása a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának lehetőségeire” című doktori értekezésében egyrészt összefoglalja a nehézfémek előfordulását, hatásait, szennyvizekből történő eltávolítási lehetőségeit, a talajok nehézfém-szennyezettségét, a szennyvizek, szennyvíziszapok és szennyvíziszap-komposztok mezőgazdasági hasznosítását és annak jogszabályi háttérét (irodalomkutatás), másrészt bemutatja, elemzi és korábbi adatokkal összehasonlítja az általa vizsgált szennyvizek, tisztított szennyvizek és szennyvíziszapok nehézfém-tartalmának vizsgálatára irányuló laboratóriumi méréseinek eredményét, harmadrészt elemzi és értékeli a vizsgált szennyvizeknek és szennyvíziszapoknak a talaj tápanyagutánpótlásban betölthető szerepét, végül példákon keresztül bemutatja a települési szennyvíziszapok injektálásának hazai tapasztalatait. A doktorjelölt tudományos eredményeit 6 tézispontban sorolja fel.

Opponensi véleményemet a bíráló főbb szempontjai alapján az alább írtak tartalmazzák.

- **Az értekezés témájának újszerűsége, aktualitása, tudományos és társadalmi jelentősége**

Az értekezés fő témája a szennyvíziszapok talajerő utánpótlásban betölthető szerepe, különös tekintettel annak makro- és mikroelem-tartalmára. A szennyvíziszapok mezőgazdasági célú felhasználásának ügye napjainkban nagyon aktuális, és mind tudományos, mind társadalmi szempontból jelentős. A doktorjelölt gazdasági és környezeti szempontból is körüljárta a választott témát, ami tovább növeli annak tudományos és társadalmi jelentőségét.

- **A szakirodalom feldolgozásának színvonala**

A disszertáció megírása során figyelemre méltóan sok, 240 szakirodalom feldolgozása történt meg. A doktorjelölt 11 jogszabályra, 219 publikációra és 10 internetes forrásra hivatkozik. A hivatkozott 219 publikáció 98%-a angol nyelvű, döntő többsége 10 éven belüli. Számos, a témában releváns rangos szakfolyóirat cikke feldolgozásra került. A disszertáció *1 Irodalmi áttekintés* című fejezete 59 oldalon keresztül mutatja be az irodalmi háttérét. Az *1.2.1 A települési szennyvizek nehézfém-tartalmának változása az elmúlt 50 évben* című fejezetben előrevetítve megjeleníti eredményeit a doktorjelölt, amikor is a szakirodalomokban fellelhető korábbi adatokat mutatja be és veti össze a saját eredményeivel. A szakirodalmi feldolgozás tartalmazza a jogszabályi környezet bemutatását és vizsgálatát is, amelynek ismerete alapvető a doktorjelölt által mért és számított adatok értékelése során.

- **Tartalmazza-e a feldolgozás a témával összefüggő fontosabb tudományos előzményeket?**

Az irodalmi feldolgozás a választott témához jól köthető, alapos, részletes, mindeközben nem elkalandozó. Tartalmazza a fontosabb tudományos előzményeket: bemutatja a nehézfémek előfordulását, hatásait, szennyvizekből történő eltávolítási lehetőségeit, a települési szennyvizek nehézfém-tartalmát, a talajok nehézfém-szennyezettségét, a szennyvizek, szennyvíziszapok és szennyvíziszap-komposztok mezőgazdasági hasznosítását.

- **Elemző módon, kritikailag dolgozta-e fel a jelölt a téma irodalmát?**

A téma irodalmának feldolgozása többnyire leíró jellegű, ám annak elemző feldolgozása, sőt diszkussziója is megtörtént. Az elemző feldolgozásra példákat az alábbiakban sorolok fel. Az *1.2.1 A települési szennyvizek nehézfém-tartalmának változása az elmúlt 50 évben* című fejezet és annak a

doktorjelölt által minden nehézfémre készített összefoglaló ábrái (itt a szakirodalmakban publikált nehézfém-tartalom adatok elemzésén túl a saját eredményeivel is összeveti azokat). Az *1.3.7 A bemutatott eljárások beilleszthetősége az eleveniszapos rendszerekbe* című fejezet. Az *1.4 Nehézfémek jelenléte a települési szennyvíziszapban* című fejezet, annak 1. táblázata és magyarázata. Az 1. mellékletben bemutatott adatok (települési szennyvízminták nehézfém-tartalma).

- **A kutatási célok megfogalmazásakor támaszkodott-e a jelölt a már ismert tudományos eredményekre?**

A doktorjelölt a *Bevezetés és célkitűzések* című, nem számozott, két oldal terjedelmű fejezet második oldalán 5 pontban sorolja fel kutatási céljait. A célok megfogalmazása világos, egyértelmű. A célok ismertetésekor a doktorjelölt jelzi azok megvalósításának módját is, amelyből kiderül, hogy eredményeit a már ismert tudományos eredményekkel a dolgozatban össze fogja vetni, azokra támaszkodni fog.

- **A kísérleti módszerek helyessége: Alkalmas-e a választott módszer a célokban megfogalmazottak vizsgálatára?**

A doktorjelölt által választott módszerek alkalmasak a téma vizsgálatára. A doktorjelölt módszerei: laboratóriumi analitikai vizsgálatok a szennyvíz, tisztított szennyvíz és szennyvíziszap nehézfém- és makroelem-tartalmának meghatározására, az eredmények statisztikai feldolgozása, összehasonlító elemzések elvégzése, valamint a települési szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának optimalizálása és a kizárólag műtrágyázással és a műtrágyázással kiegészített szennyvíziszap hasznosítással történő tápanyagutánpótlás gazdasági összehasonlítása céljából egyenletek megalkotása.

- **A munka során alkalmazott vizsgálati módszerek korszerűsége, megbízhatósága.**

Az alkalmazott laboratóriumi módszerek korszerűek, megbízhatóak. A doktorjelölt a disszertáció 2 *Alkalmazott vizsgálati módszerek* című fejezetében mutatja be kísérleti módszereit, úgymint a mintavételt és az alkalmazott analitikai meghatározás módszereit. A laboratóriumi mérések a szennyvíz és a szennyvíziszap nehézfém- és tápanyagtartalmának vizsgálatára irányultak. A minták nehézfém-tartalmát, valamint kalcium-, kálium-, magnézium-, foszfor- és mangántartalmát induktív csatolású plazma-atomemissziós spektrometria (ICP-AES) segítségével határozta meg az EPA6010C:2007 szabvány szerint. A minták nitrogéntartalmát ioncsolást követő titrálással az MSZ 318/18-81 szabvány szerint, az iszapminták szárazanyag-tartalmát pedig az MSZ 260/3-73 szerint határozta meg.

A doktorjelölt által használt és megalkotott egyenleteket (11-27. egyenlet) és azok magyarázatát a 3.5 *A települési szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának optimalizálása* és a 3.6 *A kizárólag műtrágyázással és a műtrágyázással kiegészített szennyvíziszap-hasznosítással történő tápanyagutánpótlás gazdasági összehasonlítása* című fejezetek tartalmazzák. (Dózisszámítás, növekedéshez szükséges tápanyagok mennyiségének meghatározása, a kihelyezendő szennyvíziszap tömegének meghatározása, költség számítások).

Az előbírálat során a bíráló jelezte a doktorjelöltnek, hogy a fenti egyenletek némelyike számolási vagy mértékegységbeli hibát tartalmazott. A hibákat a doktorjelölt az értekezésében maradéktalanul korrigálta. Az egyenletek jók, azokat elfogadom. A doktorjelölt által megalkotott egyenletek egyszerűségük miatt könnyen és gyorsan használhatók a talajokba kijuttatható szennyvíziszap mennyiségének meghatározására/megbecslésére, a kizárólag műtrágyázással és a műtrágyázással kiegészített szennyvíziszap hasznosítással történő tápanyag-utánpótlás gazdasági összehasonlítására.

- **A kutatási eredmények feldolgozásának színvonala, az eredmények matematikai-statisztikai értékelése.**

A doktorjelölt a kutatási eredményeit alaposan dolgozza fel. Eredményeinek matematikai-statisztikai értékelése során a min., max., átlag, medián, átlagtól eltérés, szórás adatokat közli, azonban ezek közül döntően csak az első hármat elemzi az eredmények feldolgozása során.

Az előbírálattal során felhívtam a doktorjelölt figyelmét néhány számítási pontatlanságra. Ezeket a doktorjelölt az értekezésében mind korrigálta illetve megmagyarázta.

- **Az eredményekből levont következtetések helytállósága**

A doktorjelölt helyes következtetéseket von le az eredményeiből.

- **Összeveti-e a jelölt saját eredményeit az irodalommal (diszkusszió)?**

A doktorjelölt a szennyvíz nehézfémtartalmára vonatkozó saját eredményeit a disszertáció szakirodalmi feldolgozás részében, az *1.2.1 A települési szennyvizek nehézfémtartalmának változása az elmúlt 50 évben* című fejezetében veti össze az irodalommal. Ebben a fejezetben bemutatja a települési szennyvizek nehézfémtartalmára vonatkozóan a szakirodalmakban fellelhető korábbi adatokat, és összeveti azokat a saját mérési eredményeivel. Szerkezetileg kicsit kilóg a sorból, hogy a saját eredményeire már az irodalmi áttekintés részben utalást tesz. A *3.1.3 A mért koncentrációk és számított adatok értékelése*, valamint a *3.4.1 A szennyvíziszap tápanyagtartalma* című fejezetben szintén megtörténik a saját adatok és a szakirodalmi adatok összehasonlítása. A diszkussziót tartalmazó fejezetek értékes elemei a disszertációnak.

- **A jelöltnek az értekezéssel összefüggő publikációs tevékenysége**

A Pannon Egyetem Vegyészmérnöki és Anyagtudományi Doktori Iskolájának előírása alapján „a doktori fokozat megszerzéséhez minimálisan 3 db idegen nyelvű referált folyóiratban, ebből 2 külföldi referált folyóiratban megjelent vagy közlésre elfogadott közleményt kell mellékelni”, amely minimum követelménynek a doktorjelölt publikációs tevékenysége eleget tesz.

A téziszűzetben felsorolt publikációk – helyesen – csak a doktorjelöltnek a disszertáció témájával összefüggő kutatási eredményeit tartalmazzák. Ez a lista 3 db angol nyelvű, nemzetközi folyóiratban megjelent szakfolyóirat cikket (ebből 2 külföldi kiadó, 1 hazai kiadó), valamint 5 db magyar nyelvű, hazai szakfolyóiratban (Vízű Panoráma, Maszesz Hírcsatorna) megjelent cikket tartalmaz, ezek mindegyike többszerzős. A disszertáció témájában fentiekén kívül 1 angol nyelvű előadása (külföldön megtartott nemzetközi konferencián) és 5 magyar nyelvű előadása van.

Az MTMT adatai alapján a doktorjelölt publikációs tevékenysége (és így szakmai munkája) a doktori értekezés témájánál szélesebb körű, azonban azok a publikációk és előadások a téziszűzetben nem szerepelnek, mivel azok nem a doktori értekezéssel összefüggő témájúak.

- **Tartalmaz-e az értekezés új tudományos eredményeket? A jelölt mely eredményeit ismeri el a bíráló új eredménynek?**

Az értekezés számos új tudományos eredményt tartalmaz. Ezek a tézispontokban is megjelennek. A bíráló által elismert új tudományos eredmények összegezve az alábbiak:

- A jelöltnek a lakossági szennyvízben, a tisztított szennyvízben és a víztelenített szennyvíziszapban található nehézfémek abszolút és egymáshoz viszonyított mennyiségére vonatkozó saját mérési eredményei és az eredményekből leszűrt megállapításai, a lakossági szennyvíz veszélyes elem tartalmának megoszlása a tisztított vízfázis és a víztelenített szennyvíziszap között (a hagyományos A/O technológiára vonatkozóan) (I. tézispont).

- A vizsgált veszélyes elemek koncentrációjának sorrendje és azok átlagos koncentrációi a lakossági szennyvízben (II. tézispont).
- A vizsgált veszélyes elemek koncentrációjának sorrendje és azok átlagos koncentrációi a víztelenített lakossági szennyvíziszapban (III. tézispont).
- A jelöltnek azon, saját mérésckcn alapuló credményei, amely alapján megadta a szennyvíziszapban lévő egyes veszélyes anyagokra külön-külön a kihelyezhetőségi éveket, és amely eredményei alapján megfogalmazta, hogy a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása rövidtávon is csak csekély mértékben növeli a talaj nehézfém-tartalmát, a szennyvíziszap jelenlegi elem-tartalmát figyelembe véve pedig folyamatosan és szakszerűen művelt termőföldeken történő hasznosításnál gyakorlatilag hosszabb távon sem kell számolni a nehézfémek felhalmozódásával (IV., V. tézispont).
- A jelöltnek a szennyvíziszappal és műtrágyával történő tápanyag-utánpótlás költségeinek meghatározására felállított egyenletei (VI. tézispont).
- A jelöltnek a szennyvíziszap makrotápanyag-tartalmára vonatkozó saját mérési eredményei és az azok alapján a szennyvíziszappal kiegészített műtrágyázás esetében a növények nitrogén-, foszfor- és kálium-igényének kielégítésére megfogalmazott feltevései és javaslatai.

• A dolgozat szerkezeti felépítése, tagoltsága

A dolgozat a nem számozott Köszönetnyilvánításon, Kivonaton, Bevezetésen, Felhasznált irodalom fejezeten és Mellékletben felsorolt 8 mellékleten kívül 6 fő fejezet tartalmaz. Az 1-3. fejezet ezen belül első-, másod-, harmad- és negyedrendű alfejezetekre tagolódik.

Az 1. fejezet tartalmazza a szakirodalmi feldolgozások jelentős részét, 59 oldalban, 8 elsőrendű alfejezetre és azok alsóbb rendű fejezeteire tagolva. A 2. fejezet 4 oldalban mutatja be az alkalmazott laboratóriumi vizsgálati módszereket, 2 elsőrendű alfejezetre és azok alsóbb rendű alfejezeteire tagolva. A 3. fejezet 73 oldalon keresztül mutatja be a vizsgálati eredményeket és azok értékelését, 7 elsőrendű alfejezetre és azok alsóbb rendű fejezeteire tagolva. A 4. fejezet (Tézisek, 3 oldal), az 5. fejezet (Összefoglalás, 3 oldal) és a 6. fejezet (Távlati kutatási lehetőségek, 1 oldal) nem tartalmaz alfejezetekre bontást.

Az 1.8. *Szakirodalom összefoglalása* című fejezetnek csupán az első négy bekezdése tartalmazza az előző alfejezetek összefoglalását, az ezt követő 5 bekezdés már a jelölt munkájának bemutatását foglalja össze, mutatja be előzetesen. Ez az 5 bekezdés igen fontos része a disszertációnak, de tartalmában nem az 1.8. fejezetbe illeszkedik. Célszerű lett volna például a *Bevezetés, célkitűzések* című fejezet végére illeszteni.

Az 1.2.1 *A települési szennyvizek nehézfém-tartalmának változása az elmúlt 50 évben* című fejezet az Irodalmi áttekintés részbe került át (az előbírálatra kapott disszertációban szerkezetileg később, az eredmények bemutatásához került ez a diszkussziót is tartalmazó fejezet). Ebben a fejezetben a doktorjelölt bemutatja a települési szennyvizek nehézfém-tartalmára vonatkozóan a szakirodalmakban fellelhető korábbi adatokat, és röviden összeveti azokat a saját mérési eredményeivel. Az, hogy a saját eredményeire már az irodalmi áttekintés részben utalást tesz, azokat röviden bemutatja, szerkezetileg kicsit kilóg a sorból. Viszont ez a fejezet egy nagyon jó diszkusszió, mindenképpen értékes eleme az értekezésnek.

A dolgozat szerkezete, tagoltsága, arányai megfelelőek.

• A dolgozat táblázatai, ábrái egyértelműek, világosak-e?

A disszertáció 37 táblázatot, 52 ábrát és a mellékletben további 8 táblázatot tartalmaz. A táblázatok nagy száma és az azokban közölt adatok nagy mennyisége miatt a megjelenített információk teljes mértékű befogadása az olvasó (és a bíráló) számára helyenként nagy kihívás, elmélyült odafigyelést igényel. Mindazonáltal a dolgozatban szereplő táblázatok, ábrák segítik az olvasót a doktorjelölt által

mért és számított eredmények bemutatása, elemzése és értékelése során. A táblázatok, ábrák és azok jelmagyarázatai világosak, egyértelműek. Az előbírálat során a némely táblázat és ábra esetében jelzett kisebb pontatlanságokat a doktorjelölt kijavította.

- **Az irodalmi hivatkozások szabályosak-e?**

A jelölt a disszertációban név, évszám megadásával hivatkozik a felhasznált irodalmakra. A hivatkozások szabályosak, egyértelműen beazonosíthatók, egységesek.

- **A dolgozat stílusa**

A dolgozat stílusa megfelel a tudományos követelményeknek, a mondatok megfogalmazása igényes. A doktori disszertáció tartalmaz néhány elütési és helyesírási hibát, ezek száma azonban az elővédésen bírált disszertációhoz képest jelentősen lecsökkent. Fenti apróbb hibáktól eltekintve a dolgozat szövegezése és szakszóhasználata megfelel a tudományos közleményeknek, miközben végig közérthető és olvasmányos marad.

- **A dolgozat külső megjelenése**

A dolgozat szerkesztése során a doktorjelölt egységes stílusokat alkalmaz, a dolgozat formázása megfelelő. A szöveg áttekinthető, a táblázatok és ábrák jól tagolják a szöveget, és méretezésük is megfelelő.

Összességében a doktori disszertáció témaválasztását nagyon jónak és időszerűnek tartom, az irodalomkutatás igen alapos, az elvégzett munka (laboratóriumi mérések, számolások, egyenletek megalkotása) során a doktorjelölt számos új kutatási eredményre tett szert.

A doktorjelölt értekezését elfogadásra javasolom.

Győr, 2020. augusztus 12.

Dr. Zseni Anikó

Dr. habil. Zseni Anikó
egyetemi docens

Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Környezetmérnöki Tanszék