

# Bírálat

**Harasztiné Hargitai Réka:**

## **Körforgásos (víz) gazdaság megvalósításának vizsgálata**

című egyetemi doktori (Ph.D.) értekezéséről

Az uniós vízpolitika átfogó célja, hogy biztosítsa a jó minőségű és megfelelő mennyiségű vízhez való hozzáférést valamennyi polgár, gazdasági ágazat és a környezet számára, valamint biztosítsa valamennyi víztest jó állapotát is. Ugyanis a víz korlátozottan rendelkezésre álló erőforrás, amely védelemre szorul, és amelyet fenntartható módon kell felhasználni. Az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) által megfogalmazott fenntartható fejlődési célok víz nélkül szintén teljesíthetetlenek.

Napjainkban a vízgazdálkodás és a kapcsolódó tevékenységek ökológiai lábnyomának csökkentése kiemelt fókuszba került. A vízüjrahasználat hatékonyságának növeléséhez különböző elemzési módszerek használhatók, ezek lehetnek pl. változatos körforgásos gazdasági mutatók, a vízlábnyom számítás és az életciklus-elemzés is.

**Harasztiné Hargitai Réka** doktori értekezésében a fenntartható vízgazdálkodás támogatására célul tűzte ki egy baromfifeldolgozó üzem vízhasználatára vetítve a körforgásos személetmód és a vízüjrahasználat szerepének átfogó vizsgálatát, változatos gazdasági mutatók, mint pl. a körforgásos gazdasági indikátor prototípus (CEIP), az anyagkörforgásos mutató (MCI), valamint a vízlábnyom meghatározás, illetve az életciklus-elemzés segítségével.

### *A dolgozat témájának időszerűsége, a választott témakör tudományos súlya*

A választott doktori téma jól illeszkedik a kapcsolódó Intézetben folyó kutatásokhoz, valamint a hazai és nemzetközi vízgazdálkodási célokhoz is, azaz a dolgozat témájának újszerűsége, aktualitása nem kérdőjelezhető meg.

### *A dolgozat felépítése*

A beadott értekezés 148 számozott oldalt tartalmaz, a felépítése követi a doktori (Ph.D.) értekezésekre előírt formai követelményeket. A Bevezetés fejezetet követően kerül megfogalmazásra az értekezés célkitűzése, majd a következő fejezet foglalkozik a szakirodalmi áttekintéssel, mely 17 oldalon mutatja be a témához kapcsolódó elméleti alapokat és tudományos kutatásokhoz kapcsolódó szakirodalmi tudnivalókat. A Jelölt rendkívül nagyszámú 239 db, kiemelten nemzetközi hivatkozás alapján érthetően, a későbbi vizsgálataihoz igazítva alakította ki a szakirodalmi fejezetet. Az alkalmazott módszerek bemutatása a 2. fejezetben 25 oldal át történik. A Jelölt a munkája során elért eredményeket 51 oldalon ismerteti, amelyek alapján a 4. fejezetben 4 alfejezetben fogalmazza meg következtetéseit és javaslatait. Az összefoglalás fejezetet követően fogalmazza meg a Jelölt a vizsgálatai alapján kialakított új tudományos eredményeit/tézispontjait, magyar és angol nyelven. Az értekezés 10 oldalnyi melléklet is tartalmaz.

## **Szakmai vélemény, megjegyzések, kérdések:**

### ***Formai követelmények, nyelvezet, stílus***

A dolgozat formai szempontból alapvetően megfelel az értekezéssel szemben támasztott követelményeknek. A Jelölt a korábbi verzióra vonatkozó megjegyzéseimet figyelembe véve alakította ki végleges értekezését. Az ábrák és a táblázatok jól érthetőek, megfelelő minőségűek, az egyes helyeken jelölt korábbi pontosításokat a Jelölt elvégezte.

Dicséretes, hogy az értekezésben gépelési hiba minimálisan fedezhető fel, valamint az egybeírás-különírás kapcsán nem megfelelő/nem következetes szóhasználatok is korrigálásra kerültek, ahogy a vizsgálati eredmények mértékegységei is egységesítve lettek!

A dolgozat nyelvezete általánosan megfelel a szakmai elvárásoknak, csak egy vízminőségi paraméter esetén fedeztem fel további pontatlanságokat: 36.o. A szennyvíz átlagosan 1 015,77 mg/l **kémiai oxigénigényt tartalmazott?**..., „a víz KOI értéke 97,97-ről 96,58 %-ra csökkent”.

### ***Szakirodalom feldolgozása, hivatkozások***

A szakirodalmi rész általánosan tartalmazza a választott témával összefüggő, fontosabb tudományos előzményeket, a hivatkozások szabályosak, a Jelölt igyekszik elemző módon feldolgozni azokat, megjelölve az esetleges mutatók vagy számítási módszerek esetében potenciálisan alkalmazható módosításokat. A kitzűzött kutatási célok is jól támaszkodnak a témával kapcsolatos korábbi tudományos eredményekre. Korábbi megjegyzésem alapján a 3. táblázat adatai is pontosításra kerültek. Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2020/741 rendelete mellett a kapcsolódó hazai 7/2023. (I. 12.) Korm. rendelet tartalmának vonatkozásai kerülhettek volna még ebben a részben kifejtésre.

### ***A vizsgálati módszerek színvonala***

Az alkalmazott módszerek bemutatása c. fejezet jól szemlélteti a vizsgálati céloknak megfelelő módszertani jellemzőket. Az alkalmazott módszerek korszerűek, jól illeszkednek a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott megoldásokhoz.

Korábbi megjegyzésem alapján a helytelen szakmai kifejezések javításra kerültek, ill. a 2.1.1. fejezetben a felhasznált törzsoldatok pontos koncentrációjának megadása is megtörtént, bár itt az azonos koncentrációegységek használata szerencsésebb lett volna. Ehhez kapcsolódóan még a 7. táblázatban jelölt felhasznált vegyszerek mennyiségét lett volna célszerű nem literben kifejezve megadni! A 37. oldalon is 1 m<sup>3</sup> vízre, illetve fölösiszapra kellett volna megadni a tömegben kifejezett kezelőszer hatóanyag-tartalmat.

### ***A kutatási eredmények értékelése***

A kutatási eredmények feldolgozásának színvonala megfelelő, a dolgozatban az eredmények matematikai-statisztikai értékelése is megvalósul. A Jelölt vizsgálataiban - a körforgás és fenntarthatóság nyomon követéséhez - körforgásos gazdasági mutatókat (CEIP és MCI) és a vízlábnyom számítást használta.

Az elemzések első részében a körforgásos gazdasági számítások alkalmazhatóságát és módosításait célozza meg, hogy mérhetővé váljon a víz és anyagáramok integrált körforgása. A választott baromfifeldolgozó üzem példáján keresztül környezetbarát és megvalósítható javaslatokkal szolgált a vízfelhasználási gyakorlat javítására és újrafelhasználási megoldások bevezetésére; s mindez elsősorban az élelmiszeripar más

szereplői számára is hasznos tudományos háttérrel biztosít a körforgásos szemlélet fejlesztésében. A vizsgált technológiában történő újrafelhasználás tekintetében magasabb körforgási értékeket ért el, mint az öntözési célú felhasználás tekintetében, azaz adott technológia esetében több vízújrafelhasználási útvonal közül is lehet választani, amennyiben a környezeti tényezők mellett pl. a jogi és pénzügyi korlátok ezt megkívánják. Egyetértek azzal, hogy pl. a szennyvízből történő erőforrás-visszanyerés növelhetné bármely terméktípus körforgásos értékét, azaz az indikátorok módszertanát valóban célszerű továbbfejleszteni.

Második lépésben az életciklus-elemzés révén a vízkörforgás környezeti hatásait vizsgálta, különös figyelmet fordítva a jövőbeni öntözővíz-források és a visszaforgatás potenciális negatív következményeire. Összehasonlította a korábbi szennyvíz-előkezelési technológiát a szakaszos üzemű biológiai tisztítással, melynél elemezte a közcsatornába, illetve felszíni vízbe bocsátás esetét is. Az életciklus-elemzés segítette rávilágítani a körforgás javításának részletezett környezeti hatásaira, melyre a Jelölt megállapítása szerint a gazdasági mutatók nem alkalmasak.

A vízkörforgás mérését szem előtt tartva a Jelölt egy települési szennyvíztisztító telep (Veszprémi Szennyvíztisztító Telep) vizsgálatát is elvégezte, melynek során a kommunális szennyvíztisztítás és az életciklus-elemzés kapcsolatát elemezte. Célja volt, hogy megvizsgálja, hogy a települési szennyvíztisztítók fejlesztései miként járultak hozzá a környezeti hatások csökkentéséhez. Korábbi megjegyzésem alapján a fejezetben jelölt kifejezések javításra kerültek.

A Következtetések és javaslatok fejezet alpontjai jól összefoglalják az elért eredmények alapján megfogalmazható konklúziókat.

#### **Tézispontok értékelése:**

Az I. tézispontban összefoglalt megállapítások javításra kerültek, sajnos két gépelési hiba maradt ebben a pontban, melyeket áthúzással jelöltem: *„Megállapítottam, hogy a nagy vízfogyasztású technológiák ~~esetében~~ körforgásos jellege a víz, mint anyagáram figyelembevétele nélkül nem határozható meg, ezért módszertani módosításokra van szükséges.”* *„A veszteségek figyelembevételével ~~a~~ pedig”*... gördülékenyebb megfogalmazás lett volna!

A II.3. és a III. tézispontban egy-egy apró elírás maradt: *„Megállapítottam, hogy a módosított...; „Együttes alkalmazásukkal igazoltam, hogy a baromfifeldolgozó üzem javasolt vízújrafelhasználási módszerei...”; „III.1.: Igazoltam, hogy a romló vízminőség”...!*

A II. tézispontban a korábban általam jelölt szövegezési javaslatok alkalmazásával, illetve a III-V. tézispont korábbi megfogalmazásainak javításával **a Jelölt által kialakított tézispontok mindegyike elfogadható új tudományos eredményként.**

#### **Publikációs tevékenység értékelése:**

A megjelent (elfogadott) közlemények megfelelnek az érintett Doktori Iskola szabályzatának, illetve előírásainak, rendkívül dicséretes, hogy színvonalas elsőszerzős publikációk kapcsolódnak a Jelölt eredményeihez.

*Néhány egyéb szakmai kérdés a Jelölthöz:*

- A szakirodalom alapján a Circular Economy Indicator Prototype (CEIP) vizsgált gazdasági mutató egyetlen pontszámon keresztüli értelmezése elrejti a körforgásos gazdaság összetettségét, mégis alkalmasnak tartják a körforgásos gazdaság elveinek ipari gyakorlatban való elterjesztésére. *A baromfifeldolgozás példáját tekintve miért választotta mégis ezt a mutatót?*
- A vízkörforgás mérésének másik megközelítése a vízlábnyom (WF) számítás elemzése és módosítása volt. Ez a módszer a termék életciklusa során beépülő vízmennyiségeket veszi figyelembe, miközben nem hanyagolja el az energiafelhasználást. A bevezetett módosításokkal a módszer alkalmassá vált a vízkörforgás mérésére. *Véleménye szerint a várhatóan tovább szigorodó vízvisszaforgatási vízminőségi előírások esetén kell-e egyéb módosításokat eszközölni a kapcsolódó számításban?*
- A kutatás fontos megállapítása, hogy a tisztított víz újrahasználatát támogató technológiák bár növelik a környezeti hatásokat, a fenntarthatóság és a vízhiány elkerülése érdekében mégis elengedhetetlenek. A jövőbeni kvaterner tisztítási követelmények kompromisszumokat igényelnek a szennyvíz minőség, az energiaigény és az általános környezeti hatások tekintetében. *A szekvenciális H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kvaterner kezeléssel kívül lát-e hasonlóan hatékony vagy hatékonyabb technológiai megoldást a nemzetközi gyakorlat alapján?*
- Az életciklus-elemzés szimulációkkal és mesterséges intelligenciával való integrálása ígéretesnek bizonyulhat az energia- és nyersanyagfelhasználás optimalizálása terén. *Lehetnek-e ennek korlátai vagy kockázata?*

Az elvégzett munka bemutatása koherens, az egyes részek általánosan jól kapcsolódnak egységes egészé. Az elrendezés, felosztás általánosan összhangban áll a megfogalmazott tézispontokkal.

Az értekezés megfelel a publikálás tudományetikai követelményeinek, s mindez megfelelő ahhoz, hogy a jelölt munkáját a doktori védésen bemutathassa.

Kelt: Debrecen, 2025. június 02.



**Dr. Bodnár Ildikó s.k.**  
főiskolai tanár  
Debreceni Egyetem, Műszaki Kar,  
Környezetmérnöki Tanszék