

A TISZTÍTOTT SZENNYVÍZ MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTÁSÁRA ALKALMAS TERÜLETEK MEGHATÁROZÁSA MAGYARORSZÁGON

SELECTING AREAS THAT ARE APPROPRIATE TO AGRICULTURAL UTILIZATION OF TREATED WASTEWATER IN HUNGARY

TÓTH Tamás

(ORCID: 0000-0003-2810-0583)

tothtamas@live.com

Absztrakt

Az éghajlatváltozás hatására egyre nagyobb nyomás nehezedik a hozzáférhető édesvízkészletekre. A klímaváltozás és a demográfiai változások veszélyeztetik a készletek és az igények közötti érzékeny egyensúlyt. A jövőben megnövekedhet a vízhiányos helyzetek előfordulásának valószínűsége Magyarországon. A különböző gazdasági ágazatok megnövekvő vízigénye miatt egyre kiélezettebb verseny folyik a vízért. Elengedhetetlenné vált, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat hatékonyan használjuk fel. A tisztított szennyvíz felhasználás elősegíthetné a vízhiányos helyzetek kialakulásának megelőzését, ezért a szerző kidolgozott egy módszert a mezőgazdasági hasznosítására alkalmas területek meghatározásához. A tudományos közlemény bemutatja a módszer felépítését és alkalmazását.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, vízhiány, víz újrahasznosítás, tisztított szennyvíz

Abstract

Due to climate change the pressure is increasing on the available freshwater resources. Climate change and demographic changes jeopardize the sensitive balance between supplies and demands. In Hungary, the probability of water scarcity may increase in the future. Increasing water demands of the different economic sectors lead to fierce competition. Effective utilization of the resources is necessary. Having regard to the assumption that the treated wastewater reuse may facilitate the prevention of water scarce situations, the author developed a method to define areas appropriate to agricultural utilization. This scientific article presents the structure and the application of the designed method.

Keywords: climate change, water scarcity, water reuse, treated wastewater

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2018.04.16.
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2018.09.28.

BEVEZETÉS

Az éghajlati viszonyok szélsőséges változása egyre inkább ráirányítja a figyelmet a fenntartható vízgazdálkodás megvalósításának jelentőségére. A klímaváltozás hatására egyre nagyobb nyomás nehezedik a hozzáférhető édesvízkészletekre. Az éghajlati és a demográfiai változások veszélyeztetik a készletek és az igények közötti érzékeny egyensúlyt. Az egyensúlyfenntartás sérülékenységének egyik legekleatásabb megnyilvánulása, 2018-ban, a Dél-Afrikai Köztársaságban bekövetkezett vízkrisis. Egyes régiókban, a vízhiány kialakulásának megnövekvő valószínűsége miatt, a vízgazdálkodással foglalkozó szakemberek körében fokozatosan előtérbe kerül, hogy különböző tevékenységre, milyen minőségű vizet használunk.

A jövőben megnövekedhet a vízhiányos helyzetek előfordulásának valószínűsége Magyarországon. A szélsőségeknek való kitettség korlátozza Magyarország versenyképességét. A különböző gazdasági ágazatok megnövekvő vízigénye miatt egyre kiélezettebb verseny folyik a vízáért. Elengedhetlenné vált, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat hatékonyan használjuk fel. A víz újrahasznosítás értékes alternatívát jelent számos igény kielégítésére. A Magyarországon képződő tisztított szennyvizek hasznosításában rejlő potenciál jelenleg még kihasználatlan. Az egyik legnagyobb vízfelhasználó az agrárszektor. Az öntözéses gazdálkodás során a tisztított szennyvíz alkalmas lehet egyes területeken adott növénykultúrák öntözésére. A tisztított szennyvíz újrahasznosításával kapcsolatos szakirodalmat áttanulmányozva megállapítottam, hogy az eddigi kutatások nem foglalkoztak az alkalmas területek kiválasztásának módszertanával.

Felmerül a kérdés, hogy hol található Magyarországon a tisztított szennyvíz mezőgazdasági hasznosítására alkalmas területek?

Feltételezem, hogy a víz újrahasznosítás egyes régiókban biztonságosan és költséghatékonyan megvalósítható.

A közlemény fő célkitűzése, hogy meghatározza a tisztított szennyvíz mezőgazdasági hasznosítására feltételesen alkalmas területeket. Az ideális területek kiválasztásához kidolgoztam egy speciális eljárásrendet.

A tisztított szennyvíz biztonságos és költséghatékony felhasználásával javítható lenne a vízkészletekkel való gazdálkodás hatékonysága. A kutatásom keretében javasolt szempontrendszer alkalmazása elősegíthetné a jövőben megnövekedett előfordulási valószínűséggel kialakuló vízhiányjelenségek megelőzését célzó rentábilis beruházások kivitelezését.

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A VÍZGAZDÁLKODÁSRA

Az „Éghajlatváltozás hatása a vízgazdálkodásra” című fejezet a vizek többletének, illetve hiányának kezelésére hívja fel a figyelmet. A vízhiányos helyzetek kialakulásának értelmezése, a területhasználatok és a víztározók miatt, szorosan kapcsolódik az árvizekhez. A vízgazdálkodásban új kihívást jelent, hogy a szélsőséges helyzetek – vizek többlete vagy hiánya – megoldásának igénye egyre rövidebb időintervallumon belül ciklikusan keletkezik, akár azonos területen belül. A szélsőségek előfordulási valószínűségének növekedése következtében változik, hogy milyen helyzet minősülhet rendkívülinek. Az előfordulási valószínűség és a rendkívülivé minősítés között megállapítható, hogy ellentétes korreláció van.

Az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése hozzájárul a levegő és a víz hőmérsékletének emelkedéséhez, fokozva az aszályos és a vízhiányos helyzetek kialakulásának valószínűségét. A Goddard Institute of Space Studies intézet kutatása szerint az elmúlt 138 év valaha mért 5. legmelegebb januári hónapja 2018-ban volt. [1] A mérésekből megállapítható, hogy a valaha mért legmelegebb január hónap 4 alkalommal az elmúlt 4 évben jelentkezett. A hőmérsékleti viszonyok megváltozásának hatására, a környezeti változásokon túl, gazdasági és társadalmi változások is indukálódnak.

A hőmérséklet növekedése fokozza a tengerszint emelkedését. A globális tengerszint nem egyenletes sebességgel, hanem gyorsulva emelkedik. [2] A tengerszint tartós emelkedése környezeti, gazdasági és társadalmi szempontból egyaránt jelentős és potenciális veszélyt jelent. Az éghajlatváltozás következtében Nyugat- és Közép-Európában az árvíz kockázat mértékének emelkedése valószínűsíthető. [3] A magyarországi adatokat értékelve látható az utóbbi években a rekord vagy ahhoz közeli árvizek számának növekedése. A árvízi katasztrófák során szükségessé válhat a vizek tisztítása. [4; 129. o.]

A kárkategóriák tekintetében az árvíz sematizálva vonaltípusú természeti katasztrófa, ezzel szemben megállapítható, hogy az aszály területtípusú környezeti, gazdasági és társadalmi károkat produkál. A szélsőséges helyzetek kialakulásának megelőzésére való törekvés a költséghatékonyság szempontjából elengedhetetlen.

Az éghajlatváltozás a hőmérséklet növekedésén keresztül negatív hatással van a csapadékvíz hasznosíthatóságára. Magyarországon a csapadékmennyiség a téli hónapokban kismértékben növekedhet, viszont a nyári hónapokban nagyobb mértékű csökkenés prognosztizálható. [5] A mezőgazdasági termelés szempontjából az egymást követő hőségnapok számán túl, kiemelt fontosságú a vegetációs időszakban keletkező csapadék mennyisége, eloszlása és intenzitása. Magyarországon, a vegetációs időszakban, éppen a legjelentősebb termőterületeken (Alföld, Kisalföld) valószínűsíthető a legkevesebb csapadék. A vízgazdálkodásban az éghajlatváltozás által generálódó új kihívások kezeléséhez újszerű megoldásokra van szükség. Az éghajlatváltozás által befolyásolt csapadékviszonyok változásából származó termelői kockázat mértékét enyhíthetné a kiszámítható víz újrahasznosítás alkalmazása. A sérülékeny területeken a tisztított szennyvíz újrahasznosítás hozzájárulhatna a termésbiztonság fokozásához. Az igények és a készletek egyensúlyának biztonsága növelhető lenne egy programszerűen kialakított igénymenedzsmenttel és az alternatív vízkészletek kihasználásával.

Összességében megállapítható, hogy az éghajlatváltozás következtében megnövekedett a szélsőséges helyzetek kialakulásának valószínűsége. A döntések minőségét megbízható, jól szelektált hidrometeorológiai és káradatokkal, illetve részletes előrejelzések alkalmazásával lehet biztosítani. [6] Az új kihívások hatékony kezeléséhez az egyes hatások rendszerszintű megértése és számszerűsítése kiemelt jelentőségű.

Az Európai Unió vízpolitikája

Az Európai Unió (EU) vízpolitikáját „*a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról*” elnevezésű 2000/60/EK irányelv tartalmazza. [7] Az 2000/60/EK irányelv, általánosan elfogadott néven Víz Keretirányelv (VKI) képezi a vízgazdálkodás alapját az EU-ban. A VKI jelentőségét az adja, hogy a vizek védelmét szolgáló, korábban szétaprózódott, nehezen értelmezhetővé vált, irányelvek sokaságának rendszerét összefogja és harmonizálja.

A VKI fő célkitűzése, hogy a felszíni és felszín alatti vizek egyaránt elérjék a „jó állapotot”. A tagállamok, a célkitűzés megvalósítása érdekében, intézkedési programokat dolgoznak ki, vízgyűjtő-gazdálkodási tervek (VGT) formájában, amelyeket 6 évente felülvizsgálnak. Az első tagállami VGT-k (VGT1) 2009-ben készültek el, amelyeket 2015-ben felülvizsgáltak, létrehozva a VGT2-eket. [8] Legkésőbb az irányelv hatálybalépését követő 15 éven belül (2015-ig) el kellett volna érni a jó állapotot, amit nem sikerült megvalósítani. A VKI lehetőséget biztosít a megadott határidő meghosszabbítására 2027-ig.

A tagállamok által készített VGT1 és VGT2 állapotértékelések alapján prognosztizálható, hogy a VKI fő célkitűzése nagy valószínűséggel nem teljesíthető teljes mértékben a megadott határidőre. A feltételezésem alapját a VGT1 és a VGT2 állapotértékelési eredményeinek összehasonlításából meghatározható javulás lassú üteme képezi.

Az éghajlatváltozás következtében az állapotjavulás mértéke lelassulhat, illetve fennáll a veszélye az állapotértékelési eredmények romlásának, tovább nehezítve a fő célkitűzés teljesítését. A tisztított szennyvíz újrahasznosítás hozzájárulhatna a VKI célkitűzéseinek

eléréséhez. Az Európai Unió vízpolitikájának célkitűzéséhez való hozzájáruláson túlmenően egy esetleges víz újrahásznosítási projekt tervezése során, a megvalósíthatóság szempontjából, kulcsfontosságú, hogy a projekt összhangban legyen a VKI előírásaival.

Aszály és vízhiány

Az éghajlatváltozás ráirányítja a társadalom figyelmét arra, hogy az aszályok és a biztonságot veszélyeztető vízhiányok megelőzése, hatékony kezelése nem halogatható. A várható kihívások megoldása érdekében a jövő vízgazdálkodását ma kell megalapozni.

A globális léptékű kihívások megoldásához nemzetközi összefogás szükséges. A nemzetközi érdekek érvényesítésének érdekében az Egyesült Nemzetek Szövetsége (ENSZ), 1994-ben, elfogadta az elsivatagosodás elleni küzdelemről szóló egyezményt. [9] Az éghajlati viszonyok olyan változásokat indukálhatnak a vízgazdálkodásban, amely indokolttá teszi az egyezmény eredményességének növekedését megcélzó intézkedések bevezetését.

Számos régiót, élelmiszerbiztonsági szempontból kiemelt fontosságú mezőgazdasági területet veszélyeztet szokatlanul nagymértékű aszály, vízhiány. A veszélyeztetettségén túl sok esetben problémát jelent az adathiány vagy az adatok hozzáférhetőségének hiánya.

Az Európai Bizottság (EB) felmérése szerint 1976 és 2006 között az aszályal sújtott területek száma megközelítőleg 20 %-kal növekedett. Az okozott kárköltés becsült értéke elérte a 100 milliárd eurót. [10] Magyarországon az aszály által leginkább veszélyeztetett területek között olyan jelentős mezőgazdasági területek szerepelnek, mint a Homokhátság vagy a Nagykunság.

A ClimWatAdapt projekt keretében történt kutatások szerint, Európa vízgyűjtőterületeinek akár 50 %-a is vízhiányossá válhat 2030-ra. [11] A VGT2 állapotértékelése szerint az vízigények 40 víztestnél meghaladják a hosszú távon rendelkezésre álló készletet Magyarországon. A vízhiány kialakulásának megelőzése érdekében azonosítani kell azokat az intézkedéstípusokat, amelyek egy-egy adott régióban hatékonyan alkalmazhatók.

Az elérhető készletek és a jelentős vízigények vizsgálatánál megállapítható, hogy az öntözéses mezőgazdaságra jelentős hatást gyakorolnak az aszályok. A hatékony aszálykezelés megvalósítását számos paraméter befolyásolja. Fontos szerepe van a különböző talajtípusok kezelésének, a növénykultúrák és az öntözőrendszerek megválasztásának. A szélsőséges időjárási jelenségek, erős szelek könnyen kiszáríthatják a gyengébb vízháztartási talajokat, amely a tűzveszélyt is fokozhatja. Az éghajlatváltozás során a téli hónapokban megnövekedő potenciális párolgás negatív hatással van a beszivárgásra, csökkentve a hozzáférhető vízkészleteket. [12] Az agrárgazdálkodásban a nyári hónapokban jelentkező alacsony vízhozamok csökkenése a kritikus tényező, mivel ez az időintervallum egybe esik a növények vegetációs időszakával.

A különböző típusú vízigények kielégítését követően a szennyvíztisztító telepeken nagy mennyiségű, eltérő vízminőségű tisztított szennyvíz keletkezik, amelyek hasznosítás nélkül elvezetésre kerülnek. Felmerül a kérdés, hogy az éghajlatváltozás hatására egyre nagyobb valószínűséggel kialakuló aszályok és vízhiányok mérsékelhetők lennének-e valamilyen szinten a vizek újrahásznosításával?

VÍZ ÚJRAHASZNOSÍTÁS

A Víz Keretirányelvben szereplő „*intézkedési programokba felveendő intézkedések listája*” (Annex VI.) tartalmazza a „*hatékonysági és újrahásznosítási intézkedéseket*” és ezzel összhangban Magyarország felülvizsgált Vízgyűjtő-gazdálkodási Tervében is megjelent a víz újrahásznosítás lehetősége. A tisztított szennyvíz újrahásznosítás releváns intézkedés a VKI céljainak megvalósításához és egy forráshatékonyabb gazdaság kialakításához.

Fontos tisztázni, hogy mit értünk a víz újrahasznosítás fogalma alatt. A különböző használatos fogalom-meghatározásokat összevetve megállapítottam, hogy a World Health Organization (WHO) definíciója, a közérthető megfogalmazás mellett, tartalmazza a tevékenység kritikus elemeit. A WHO szerint a víz újrahasznosítás azt a szennyvíztisztítás következtében generálódó víz használatot jelenti, amely az egészségügyi és környezeti kockázatok, illetve a vonatkozó nemzeti és uniós jogszabályok figyelembevételével megfelel a felhasználási cél szerint meghatározott minőségi előírásoknak. [13]

Az EB 2007-ben kiadta a „*Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak az Európai Unióban a vízhiány és az aszály jelentette kihívás kezeléséről*” című dokumentumát, amelyben felhívta a figyelmet, hogy a további vízellátási infrastruktúrák létesítését megelőzően a vízfelhasználás hatékonyságának növelésére ösztönző árpolitikát kell kialakítani és meg kell vizsgálni az alternatív megoldási lehetőségeket. [10] A víz újrahasznosítás alkalmazása valós alternatív megoldást jelenthet az aszályos és a vízhiányos területeken azáltal, hogy eddig kihasználatlan készletként megpróbáljuk hasznosítani a tisztított szennyvizet. Az európai vízkészletek jelentőségéről szóló jelentés újra felhívta a figyelmet a víz újrahasznosítás fontosságára. [14] Az EB 2012-es aszály és vízhiány politika felülvizsgálatából kiderült, hogy egyes EU tagországokban további vízellátási infrastrukturális jellegű beruházások történtek anélkül, hogy kiaknázták volna a javasolt lehetőségeket.

A víz újrahasznosítási projektek sikeres megvalósíthatóságának megalapozása érdekében az EU 2015. évi vízigazgatói ülésen a vízigazgatók egyetértettek abban, hogy a víz újrahasznosítási útmutató véglegesítését kiemelten kell kezelni. A végrehajtás érdekében az EB a Stratégiai Koordinációs Csoport (SDG) irányítása alatt egy munkacsoport létrehozását kezdeményezte. A munkacsoportnak két fő célkitűzése van. Az első célkitűzés a víz újrahasznosítási útmutató véglegesítése volt, amely 2016 sikeresen elkészült. A másik kiemelt feladat a vízminőségi minimum követelmények meghatározása, amely jelenleg a Közös Kutatóközpont (JRC) bevonásával készül. A munkacsoport célkitűzéseinek megvalósításában Magyarország is részt vesz.

Az egyik alapelv a víz újrahasznosítás során, hogy a mennyiségi problémák megoldása nem vezethet vízminőségi problémákhoz. A víz újrahasznosítás - biztonságos és költséghatékony feltételek mellett - értéket jelenthet Magyarország számára. Az aszály és vízhiány által veszélyeztetett területeken javaslom a víz újrahasznosítás lehetőségeinek részletesebb feltárását. A tisztított szennyvíz újrahasznosítás előnyeinek és hátrányainak teljes skáláját fel kell tárni, amelyek általában a helyi adottságoktól függenek, ezért mindig eseti alapon kell meghatározni őket. Az újrahasznosítást úgy kell megvalósítani, hogy az konzisztens legyen az EU környezeti célkitűzésével. A víz újrahasznosítás megvalósításának fontos eleme, hogy a releváns érintettek bevonásra kerüljenek. [15] A víz újrahasznosítási projektek megvalósítása során feltételezhetően hibás lenne azt a megközelítést alkalmazni, hogy kidolgozható egy általános, minden tervezési körülmény között alkalmas megoldás. Nem lehet sablonszerűen előre determinálni a megvalósítást, viszont a jó gyakorlat kialakítása kulcskérdés a társadalmi elfogadottság elősegítésében.

Tisztított szennyvíz újrahasznosítás Magyarországon

A megfelelően tisztított szennyvíz számos célra felhasználható. A közleményben nem határoztam meg a hasznosítási módok között prioritást, mivel ez a terület egyedi igényeitől függ. A potenciális hasznosítási lehetőségek különbözőképpen kategorizálhatók a hasznosítás típusa szerint, úgymint mezőgazdasági, ipari vagy települési használat. A fejezet keretében a tisztított szennyvíz mezőgazdasági célú újrahasznosításának magyarországi tapasztalataival foglalkoztam.

Magyarországon korábban az 1970-es, 1980-as években alkalmazták kísérleti jelleggel a tisztított szennyvíz felhasználását, a gyulai mintaterületen, nyárfás terület öntözésére.

Kezdetben a cél még nem a gazdasági haszonszerzés volt, hanem magának a szennyvíznek az elhelyezése és tisztítása. A gyulai területtel közel egyidejűleg, a kecskeméti modelltelepen, a nyárfás öntözés mellett már más növénykultúrák öntözésére is sor került. [16] Ezek a kezdeti kísérletek a rendszerváltás közeledtével, valószínűsíthetően a tulajdonviszonyok változásával és a támogatottság hiányában fokozatosan megszűntek. Kisebb léptékű nyárfás szennyvíztisztító telepek jelenleg is működnek (pl.: Szakoly, Nagycserkesz), de a létesítmények célja a szennyvíz elszikkasztása, nem a gazdasági haszonszerzés.

A nagyállói szennyvíztisztító telep közelében korábban szintén történt nyárfás hasznosítás. A szennyvíztisztító telepet 2014-ben a „*Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program*”-ban felújították. A tervek szerint, az elfolyó szennyvíz vegetációs időszakban egy energiafűz ültetvényre, vegetációs időszakon kívül pedig a másodlagos befogadó vízfolyásba került volna. A szennyvíztisztító telep közvetlen közelében elhelyezkedő öntözésre alkalmas terület önkormányzati tulajdonban van és egy részét 2015-ben betelepítették energiafűzrel, amely 2016-ban kiszáradt. A terület gyenge termőképességű homokos talaja elméletben alkalmas lenne az energiafűz termesztésére. Az önkormányzat az energiafűz újraterelítését tervezi, amely a megfelelő technológia alkalmazásával alkalmas lehetne a környékbeli közintézmények fűtésére a téli időszakban.

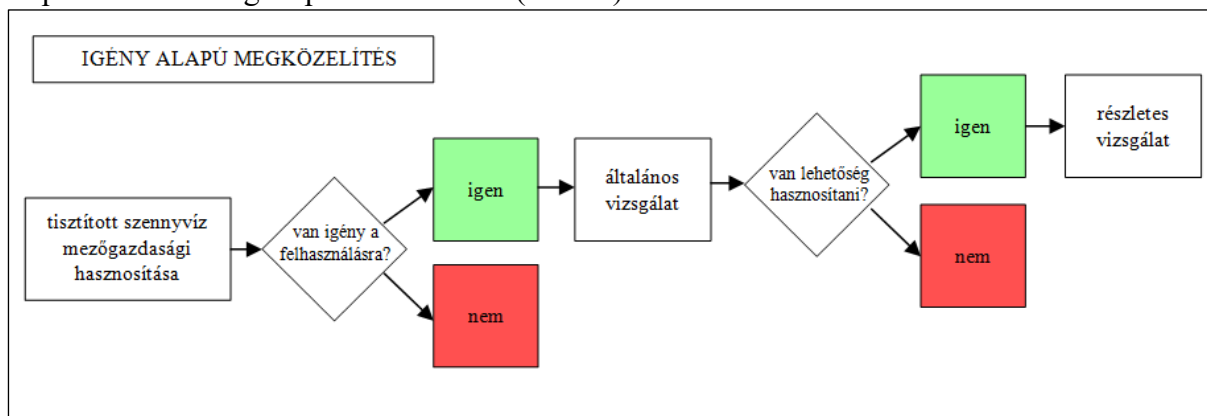
A tisztított szennyvíz mezőgazdasági hasznosításának magyarországi tapasztalatait vizsgálva megállapítottam, hogy az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését elősegítő beruházások megvalósításához ismerni kellene, hogy milyen területeken valósítható meg nagy valószínűséggel biztonságosan és költséghatékonyan a víz újrahasznosítás.

A TISZTÍTOTT SZENNYVÍZ MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTÁSÁRA ALKALMAS TERÜLETEK MEGHATÁROZÁSA

A tisztított szennyvíz mezőgazdasági hasznosításában rejlő lehetőségek kihasználásához két elengedhetetlen feltételnek kell egyidejűleg teljesülni:

1. *biztonságosság*
2. *költséghatékonyság*

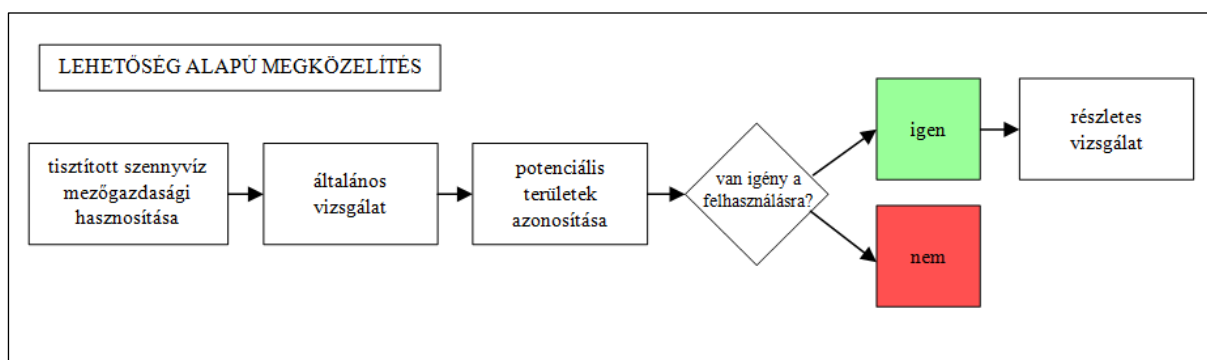
Az általános alapfeltételek kizárólag akkor teljesíthetők, ha mezőgazdasági hasznosításra alkalmas területen valósítjuk meg a beruházást. Felmerül a kérdés, hogy hol lehetnek olyan területek Magyarországon, ahol a tisztított szennyvízhasznosítás biztonságosan és költséghatékonyan megvalósítható. A tisztított szennyvíz felhasználásával történő gazdasági haszonszerzés igényének kielégítéséhez kétfajta megközelítési módszert dolgoztam ki, az igény alapú és a lehetőség alapú módszereket (1. ábra).



1. ábra Igény alapú kiválasztási eljárás metodikája (saját szerkesztés)

Az első változatot igény alapú megközelítésnek neveztem el. A megközelítésnek ebben a formájában az eljárás elején keletkezik egy konkrét igény (pl.: vállalkozó, önkormányzat) a hasznosításra vonatkozóan. Az igény keletkezésének ismerete jellemzően származhat egy igényfelmérés eredményéből. A megközelítés független az igény keletkezésének okától és forrásától. A megközelítés során, az igény keletkezésének helyét kell, különböző szempontok alapján meghatározott paraméterek alapján, általánosan vizsgálni. Ha az általános vizsgálat lefolytatása után igazoltá válik, hogy fennáll a hasznosítás lehetősége, akkor le kell folytatni a részletes vizsgálatot. Ha az általános vizsgálat során kiderül, hogy a terület alkalmatlan, akkor az eljárás lezárul, a részletes vizsgálat nélkül. A vizsgálat általános és részletes típusra való megosztását az eljárási idő és a költséghatékonyság indokolja.

A második változatot lehetőség alapú megközelítésnek neveztem el (2. ábra).



2. ábra Lehetőség alapú kiválasztási eljárás metodikája (saját szerkesztés)

A második változatnál, az igény alapú megközelítéshez képest, fordított logikát alkalmaztam. A lehetőség alapú megközelítés kezdeti szakaszában nem ismertek az igények. Az igények keletkezését megelőzően, a megfelelően kiválasztott paraméterek alapján, általánosan vizsgálom egy nagyobb kiterjedésű területet (pl.: Magyarország). Az előzetes vizsgálat alapján elvégzett szűrés eredménye a mezőgazdasági hasznosításra potenciális területek azonosítása. A nagyobb kiterjedésű összefüggő területektől eljutunk a kisebb részterületek szintjére. A területek szelektálásának az a célja, hogy egy átlátható, könnyen értelmezhető kiindulási alapot biztosítson az esetleges igények kielégítéséhez. A lehetőség alapú megközelítésénél termékként elkészül egy olyan lehatárolás, amely alapján egy esetleges vállalkozó vagy önkormányzat, aki tisztított szennyvíz hasznosításával szeretne beruházni, megnézheti, hogy a saját földterülete alkalmas lehet-e a kiválasztott célra és érdemes-e további forrás felhasználásával részletes vizsgálatot végezni.

A kutatásom keretében a megközelítési módszerek közül, a 2. változatot alkalmaztam, mivel nem rendelkezttem az igények ismeretével, és a fő célkitűzésem az volt, hogy meghatározzam a tisztított szennyvíz mezőgazdasági hasznosítására feltételeken alkalmas területeket.

A területlehatárolás kritikus része a kiválasztási szempontok meghatározása. A tisztított szennyvíz felhasználással kapcsolatos beruházások sikeressége érdekében teljes körűen fel kell tárni azokat a paramétereket, amelyek befolyásolhatják az eredményt. A hatékony tervezéshez nem elegendő egyszerűen a tényezők halmazának összegyűjtése, hanem azokat strukturáltan rendszerezni kell. A tudományos közleményem keretében kiemelt hangsúlyt fektettem a kritériumtényezők meghatározására. A javasolt szempontrendszer kialakítása során összesen 18 döntési paramétert azonosítottam, amit 6-os csoportokban 3 osztályra bontva kategorizáltam (1. ábra).

Az első osztályban a *kizáró tényezőket* gyűjtöttem össze. A kizáró tényezők olyan egyszerű választásos paraméterek, amelyek fennállása esetén a vizsgált célterületen a beruházás nem valósítható meg. Ezek az alosztályok képezik a tiltott területek listáját. Például amennyiben egy

terület védett vízbázisként azonosítható, akkor ott a tisztított szennyvíz felhasználás nem javasolt.

TERÜLETEHATÁROLÁSI SZEMPONTRENDSZER	I. KIZÁRÓ TÉNYEZŐK	I.1. artéri öblözet
		I.2. belvízveszélyeztetett terület
		I.3. nitrátérzékeny terület
		I.4. Natura2000 terület
		I.5. védett vízbázis terület
		I.6. beépített terület
	II. ÁLTALÁNOS VIZSGÁLAT	II.1. aszály által veszélyeztetett
		II.2. talajtípus
		II.3. szennyvíztisztító telep távolsága
		II.4. szaghatás
		II.5. feldolgozó távolsága
		II.6. FAV mennyiségi állapot
	III. RÉSZLETES VIZSGÁLAT	III.1. talajállapot
		III.2. domborzat
		III.3. költségmegtérülés
		III.4. kockázatelemzés
		III.5. tisztítási technológia
		III.6. növénykultúra

1. táblázat Területlehatárolási szempontrendszer (készítette a szerző)

A második osztályba az általános vizsgálati szempontokat soroltam. A 2. osztály olyan elemeket tartalmaz, amelyek vizsgálata egyszerű választást igényel. Például kiválasztjuk az erősen aszályos területeket az aszálytérképek alapján, amelyek - Magyarország területét különböző osztályokra bontva - szemléltetik a veszélyeztetettséget, és ezt követően már ezen a leszűkített területen folytatunk további lehatárolásokat. A tervezésnél fontos szempont, hogy minél rövidebb úton, gravitációsan eljuttatható legyen a tisztított szennyvíz a célterületre. Egyszerű eljárással eldönthető például az is, hogy olyan területeket határoljunk le, amely a szennyvíztisztító telepektől egy adott távolságra helyezkednek el. Az általános vizsgálatok lefolytatását követően már a rendelkezésünkre áll egy olyan fedvény¹, amely alapján átfogó képet lehet alkotni a tisztított szennyvíz mezőgazdasági hasznosítására alkalmas területekről Magyarországon.

A lehetőség alapú megközelítést alkalmazva, ha ezeken a területeken igény keletkezik a felhasználásra, akkor ott releváns lehet a részletes vizsgálat lefolytatása. A részletes vizsgálat bemutatását terjedelmi okok miatt a tudományos közleményben nem részletezem.

A területlehatárolási szempontrendszer elkészítésekor arra a következtetésre jutottam, hogy javasolt lenne az egyes tényezőket számszerűsíteni és súlyozás alkalmazásával egy optimalizációs eljárásá továbbfejleszteni.

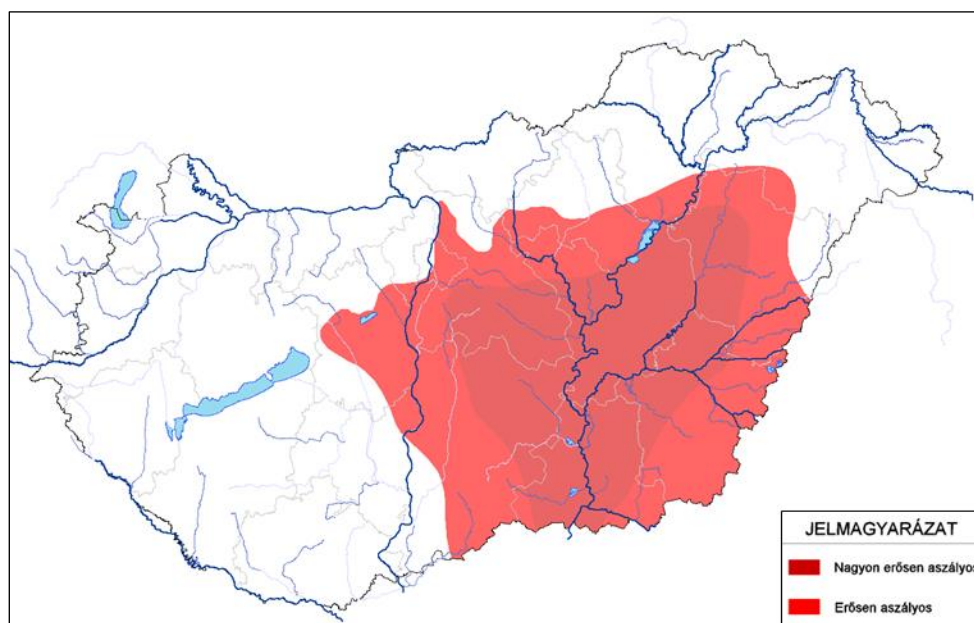
Az amerikai Stanford Egyetem készített egy települési víz újrahasznosításra optimalizált döntéstámogató szoftvert, amit a Colorado állambeli Golden városában teszteltek. [17] A

¹ Megadott szempontrendszer szerint kategorizált, logikailag összefüggő objektumok összességének digitális térképi megjelenítése.

kutatásuk alapján továbbvizsgálható lenne, hogy egy tisztított szennyvíz mezőgazdasági újrahasznosítására vonatkozó eljárás hogyan válhatna programozhatóvá.

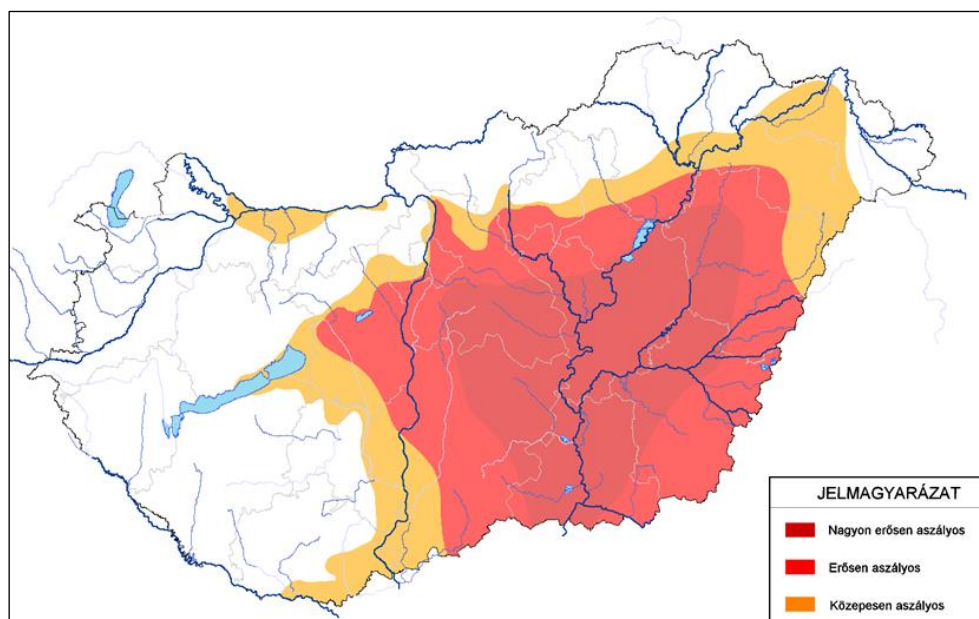
A területlehatárolási szempontrendszerben található elemek szerint különböző fedvények felhasználásával elkezdtem a tisztított szennyvíz mezőgazdasági felhasználására potenciálisan alkalmas területek magyarországi meghatározását. Az eljárás során kiindulási alapként tekintettem az EU víz újrahasznosítási útmutatójának javaslatát, amely szerint a víz újrahasznosítás vizsgálata elsősorban az aszályok és a vízhiányok által veszélyeztetett területeken indokolt. A tisztított szennyvíz öntözési felhasználásának társadalmi és környezeti elfogadottsága tagállamonként nagyon különböző. A tisztított szennyvíz közvetlenül emberi fogyasztásra szánt növények termesztéséhez való felhasználásához jelenleg kevés információ áll rendelkezésre és alacsony a társadalmi elfogadottsága, mivel potenciálisan nagyobb kockázattal jár. Egészségügyi szempontból jelenleg társadalmilag elfogadottabb a kevésbé kockázatosnak ítélt energetikai célú növények termesztéséhez történő felhasználás.

A területlehatárolás során feltételeztem, hogy az eljárás különböző stádiumának eredményei jól szemléltethetők, ha első lépésben Magyarország területéből a Pálfai féle aszálytérképet felhasználva megjelenítem azt a részterületet, amely az aszály által leginkább veszélyeztetett és a további kizárásokat már ebből kiindulva végzem el. [18] A 3. ábra a nagyon erősen aszályos (vörös) és az erősen aszályos (piros) területeket mutatja be.



3. ábra Aszálytérkép – kiemelten aszályos terület (a szerző szerkesztése a [14] alapján)

Az éghajlatváltozás következtében az elmúlt években jelentősen erősödött az aszályveszélyeztetettség olyan területeken is, amelyek korábban mindössze közepesen aszályosnak minősültek. Az éghajlatváltozás miatt indokoltnak tekintettem, hogy a korábban közepesen aszályosnak minősített területeket is tartalmazza a lehatárolásom. A 4. ábrán a lehatárolás tartalmazza a közepesen aszályos (narancssárga) területeket.

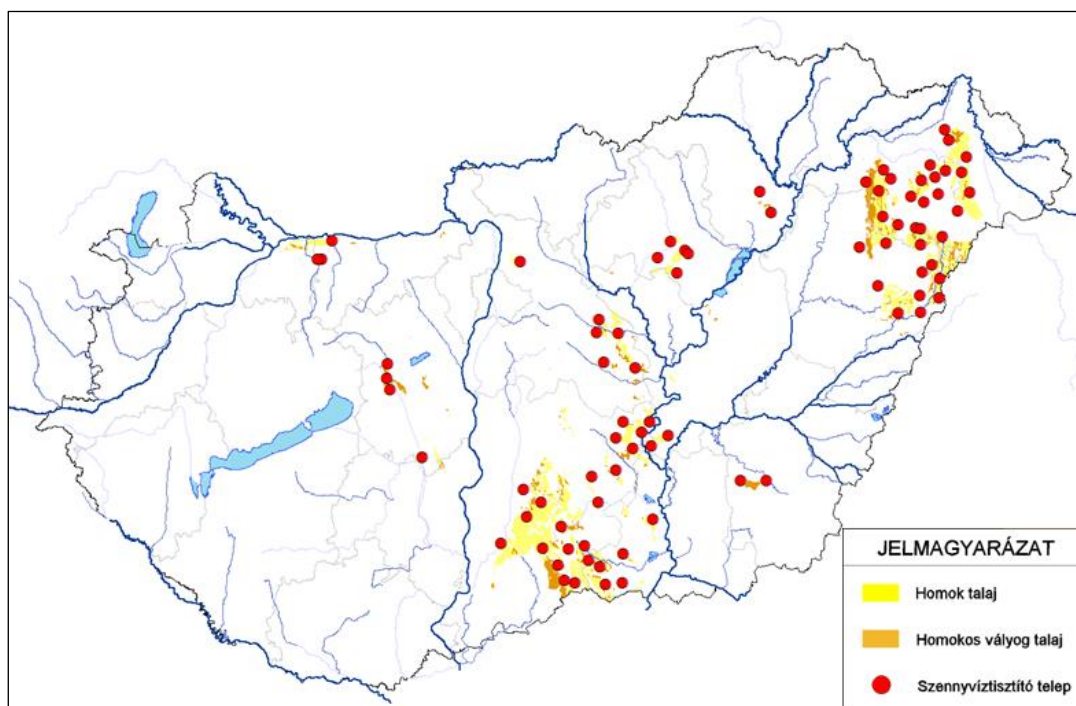


4. ábra Aszálytérkép – kiemelten aszályos és közepesen aszályos terület (a szerző szerkesztése a [14] alapján)

A színtelen részeket az alacsonyabb mértékű aszályveszélyeztetettség miatt nem vizsgáltam tovább az eljárás további részében. A területlehatárolási szempontrendszer alapján a kiindulási lehatárolásom területéből kizártam azokat a területeket, amelyek árvíz vagy belvíz által veszélyeztetettek. Ezt követően a Nitrát Irányelv és 27/2006. (II. 7.) Kormányrendelet alapján kizártam a hasznosításra alkalmas területek közül a nitrátérzékenyeket. A vonatkozó jogszabályok alapján, a biztonságosság elvét érvényesítve, kizártam a Natura2000 és a védett vízbázis területeket, továbbá mezőgazdasági hasznosításra értelemszerűen nem alkalmasak a beépített területek. Kizártam a települési belterületeket is.

A kizárások után fennmaradó területek további vizsgálata során előtérben helyeztem, hogy a víz újrahásznosítás elsősorban olyan gyengébb termőképességű, rossz vízháztartású talajokon lenne indokolt, amelyek kevésbé alkalmas élelmiszernövények termesztésére. Az energiafüz például könnyen kiszáradó, gyengébb minőségű, homoktalajokon is termesztendő. A növény egyik előnye a tág ökológiai tűrőképesség. Ezért az eljárás során, a fennmaradó területet tovább szűkítettem, a talajtípus szerint, homokos (világossárga) és homokos vályog (barna) talajokra (5. ábra).

A szempontrendszer alkalmazása alapján, Magyarországon elsősorban a Duna-Tisza közti Homokhátság és a Nyírség területe azonosítható a tisztított szennyvíz mezőgazdasági felhasználása szempontjából releváns területként.



5. ábra A tisztított szv. mezőgazdasági felhasználására potenciálisan alkalmas területek (saját szerkesztés)

A potenciális területek azonosítása során, arra az eredményre jutottam, hogy Magyarország területének megközelítőleg 3 %-ára becsülhető az a része, amely alkalmas lehet a tisztított szennyvízzel való öntözésére. A Települési Szennyvíz Információs Rendszer (TESZIR) szerint Magyarországon 819 db szennyvíztisztító telep van, amelyből a kutatásaim alapján maximum 85 db telep esetében lehet indokolt a részletes vizsgálatok elvégzése (5. ábra). A becsült terület és ezzel összefüggésben a telepszám a részletes vizsgálatok elvégzését követően várhatóan nagyságrendileg lecsökkenne.

Az 6. ábra egy potenciális hasznosítási területet szemléltet, amelyet a fentiekben meghatározott kritériumok alapján választottam ki.



6. ábra Potenciális hasznosítási terület kijelölése (saját szerkesztés)

Összességében megállapítható, hogy a potenciális területek kijelöléséhez első lépésben, a rendelkezésre álló információk alapján, ki kell választani, hogy melyik megközelítési eljárást alkalmazzuk. Az igény alapú megközelítés során az igények ismeretének tükrében kell alkalmazni a javasolt kiválasztási szempontrendszert, kezdve a kizáró tényezőkkel, az általános vizsgálaton keresztül a részletes vizsgálat lefolytatásáig. A lehetőség alapú megközelítés során pedig a szempontrendszer alkalmazása során, az általános vizsgálat lefolytatását követően válik indokolttá a részletes vizsgálat lefolytatása.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az éghajlatváltozás következtében a vizek állapotjavulásának mértéke lelassulhat, illetve fennáll a veszélye az állapotértékelési eredmények romlásának, tovább nehezíthetve a Víz Keretirányelv (VKI) fő célkitűzésének teljesítését. A Magyarországon képződő tisztított szennyvizek hasznosításában rejlő potenciál kihasználásával hozzájárulhatnánk a VKI célkitűzéseinek eléréséhez. A tisztított szennyvíz, Magyarország egyes területein, alkalmas lehet különböző növénykultúrák öntözésére.

A tisztított szennyvíz felhasználás biztonságos és költséghatékony megvalósítása érdekében javaslom a területlehatárolási szempontrendszer alkalmazását. A szempontrendszer értékét az adja, hogy strukturáltan tartalmazza a területlehatároláshoz szükséges paramétereket. Az eljárás során elsőként a kizáró tényezők alapján meg kell vizsgálni a területet, majd ezt követően le kell folytatni az általános vizsgálatot. Az általános vizsgálat eredménye alapján célszerű a részletes vizsgálat végrehajtása. A javasolt szempontrendszer alkalmazása elősegítheti a vízhiányjelenségek megelőzését célzó rentábilis beruházások kivitelezését.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] NASA GODDARD INSTITUTE FOR SPACE STUDIES: *January 2018 was fifth warmest January on record*; NASA 2018. <https://climate.nasa.gov/news/2683/january-2018-was-fifth-warmest-january-on-record/> (letöltve: 2018.02.17.)
- [2] NEREM, R. S., BECKLEY, B. D., FASULLO, J. T., HAMLINGTON, B. D., MASTERS, D., MITCHUM, G. T.: *Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era*; Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018.
- [3] ALFIERI, L., DOTTORI, F., BEETS, R., SALAMON, P., FEYEN, L.: *Multi-Model Projections of River Flood Risk in Europe under Global Warming*; Climate 2018 VI. 1. (2018) 1-19. o.
- [4] HORNYACSEK J.: *A katasztrófák elleni védekezés műszaki szakfeladatainak rendszere, a végrehajtás követelményei, módszerei és eszközei*; Műszaki Katonai Közlöny, XXVIII. évfolyam, 2018. 1. szám, pp.103-139.
- [5] PIECZKA I., BARTHOLY J., PONGRÁCZ R.: *Éghajlatváltozási scenáriók a Kárpát-medence térségére a precis klímamodell eredményei alapján*; ELTE 2012.
- [6] TÓTH T.: *A vízhiányos helyzetek kialakulásának megelőzése és hatékony kezelésének elősegítése* In: FÖLDI L. (Szerk): *Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok*; NKE 2018.
- [7] EUROPEAN COMMISSION: *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*; Official Journal of the European Communities. (2000) 1–73. o.

- [8] ORSZÁGOS VÍZÜGYI FŐIGAZGATÓSÁG: *Vízgyűjtő-gazdálkodási terv – 2015*. OVF 2015. <https://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=149> (letöltés : 2016.09.09.)
- [9] UNITED NATIONS: *United Nations Convention to Combat Desertification*. United Nations, 1994.
- [10] EUROPEAN COMMISSION: *Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union*; EC, 2007. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0673:FIN:EN:PDF> (letöltés: 2013.10.21.)
- [11] FLÖRKE, M., WIMMER, F., LAASER, C., VIDAURRE, R., TRÖLTZSCH, J., DWORAK, T., STEIN, U., MARINOVA, N., JASPERS, F., LUDWIG, F., SWART, R., GIUPPONI, C., BOSELLO, F., MYSIAK, J.: *Final Report for the Project Climate Adaptation - Modelling Water Scenarios and Sectoral Impacts*; Center for Environmental Systems Research 2011.
- [12] NOVÁKY B.: *Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai*; MTA 2012.
- [13] WORLD HEALTH ORGANIZATION: *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*; WHO 2006.
- [14] EUROPEAN COMMISSION: *A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*; EC 2012. <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC-0673&from=EN> (letöltve: 2012.11.29.)
- [15] EUROPEAN COMMISSION: *Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD*; EC 2016. http://ec.europa.eu/environment/water/pdf/Guidelines_on_water_reuse.pdf (letöltve: 2016.12.20.)
- [16] VERMES L.: *Vízgazdálkodás*; Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó 1997.
- [17] LEE, E. J., CRIDDLE, C. S., GEZA, M., CATH, T. Y., FREYBERG, D. L.: *Decision support toolkit for integrated analysis and design of reclaimed water infrastructure*; Water Research (2018), DOI: 10.1016/j.watres.2018.01.037.
- [18] PÁLFAI I.: *Aszályos évek az Alföldön 1931 és 2010 között*; Szegedi Tudományegyetem, 2010. http://www.geo.u-szeged.hu/regi/system/files/14-Kiadvanyok/egyeb/Kornyezeti_valtozasok_az_Alfoldon/10-p%E1lfai.pdf (letöltve: 2014.02.15.)