

Dénes Kálmán,¹ Kovács Zoltán,² Ember István³

Az éghajlatváltozás miatt fokozódó vízgazdálkodási problémák enyhítésének műszaki lehetőségei

The Technical Possibilities for Alleviating Water Management Problems Exacerbated by Climate Change

Az éghajlatváltozásnak napjainkban számos olyan hatása figyelhető meg, amely közvetlenül befolyásolja az emberi életet, a gazdaságot és a környezetet egyaránt. Az ennek következtében jelentkező problémák és különféle kockázatok az előrejelzések szerint a jövőben egyre fokozódni fognak. A cikkben ismertetett kutatás célja az éghajlatváltozás vízgazdálkodásra gyakorolt hatásainak vizsgálata annak érdekében, hogy enyhíteni lehessen azokat. A cikk első részében bemutatjuk azokat a területeket, amelyeket a vonatkozó jogszabályok a fokozott kockázat miatt kiemelten kezelnek, továbbá azokat az intézkedéseket, amelyeket a stratégiai célok elérése érdekében végre kell hajtani. A cikk fő részében kutatásunk eredményeként részletesen ismertetjük a vízgazdálkodási problémák műszaki megoldási lehetőségeit, amelyeket az éghajlatváltozás káros következményeinek és hatásainak csökkentése érdekében végre lehet hajtani. Ajánljuk ezt a cikket Lukács László professzor úrnak, aki a környezetvédelemre és környezettudatos végrehajtásra is nagy hangsúlyt helyezett a katonai robbantási és műszaki zárási feladatok során.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, aszály, árvíz, vízkészlet, vízgazdálkodás, víztakarékosság

The effects of climate change are currently observed to directly influence human life, the economy, and the environment alike. Consequently, the resulting problems and various risks are forecasted to escalate in the future. The aim of the research outlined in the article is to examine the impact of climate change on water management in order to mitigate these effects. In the

¹ Építőmérnök, e-mail: denes.kalman.1975@gmail.com

² Egyetemi docens, e-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu

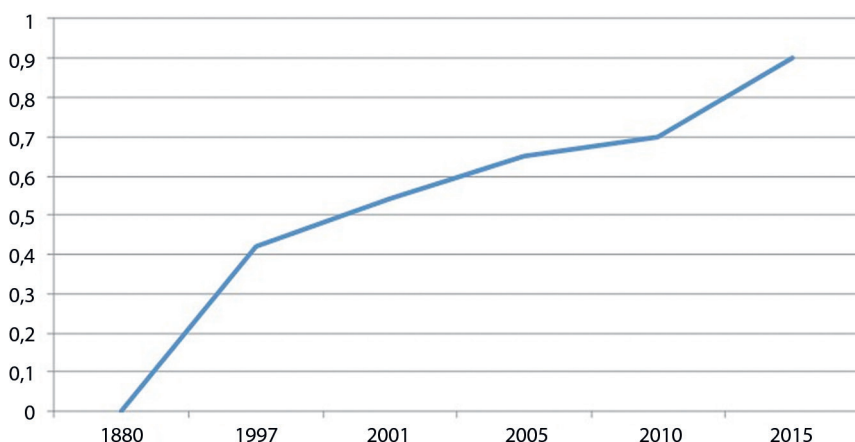
³ Tanársegéd, e-mail: ember.istvan@uni-nke.hu

first part of the paper, we present the areas highlighted by relevant legislation due to heightened risk, as well as the measures necessary to achieve strategic objectives. In the main section of the paper, we elaborate on the technical solutions to water management issues resulting from our research, which can be implemented to mitigate the adverse consequences and effects of climate change. We recommend this article to Professor László Lukács, who placed great emphasis on environmental protection and environmentally conscious implementation during blasting and military countermobility tasks.

Keywords: climate change, drought, flood, water resources, water management, water saving

Bevezetés

A Föld éghajlatának változása olyan régóta tartó, hosszú távú és jelentős folyamat, amelynek bekövetkezéséért nem, és egy ideig annak fokozódásáért is csupán kisebb részben felelt az emberiség. A 20. század közepe óta azonban olyan jelentős mértékben gyorsult fel az urbanizáció és az iparosodás, hogy az napjainkra szinte fékezhetetlenül felgyorsította az éghajlat változását is. Az azóta bekövetkezett globális átlaghőmérséklet jelentős emelkedése (1. ábra) pedig minden valószínűség szerint elsősorban ennek az emberi tevékenységnek a hatására történt, döntően a légkörben lévő antropogén üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése miatt.



1. ábra: A globális átlaghőmérséklet változása (°C)

Forrás: Föld Napja Alapítvány 2016

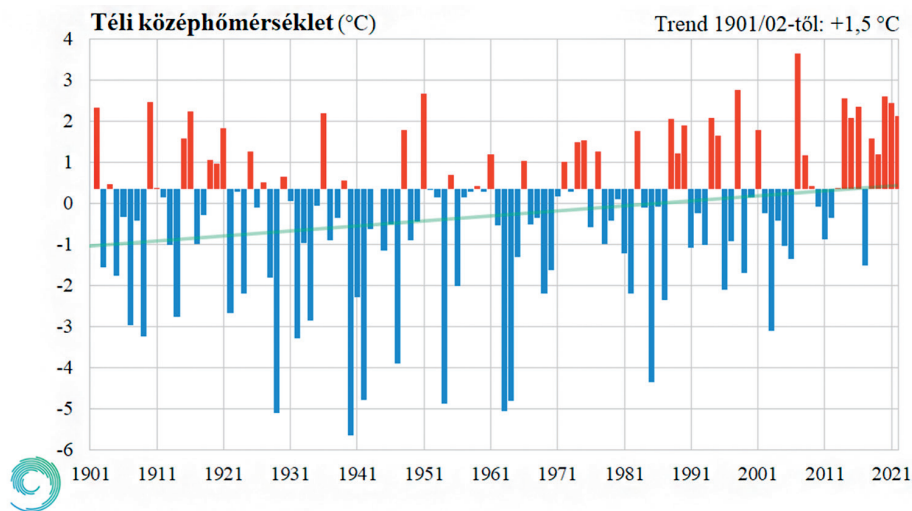
Az előrejelzések szerint a folyamatosan növekvő népesség egyre növekvő igényeinek kiszolgálását biztosító ipari és mezőgazdasági termelés a jövőben szükségszerűen tovább növeli a légkörben lévő üvegházhatást okozó gázok koncentrációját, ami várhatóan tovább gyorsítja a globális felmelegedést. A szárazföld feletti globális felmelegedés töretlen folytatódása az egyre rövidebb téli időszakokat idézi elő csökkenő hőmennyiséggel, továbbá a hosszabb

nyári időszakokat vonja maga után gyakori és hosszan tartó szárazsággal, aminek következtében a lefolyások csökkenése várható.⁴

Az éghajlatváltozás felgyorsulása összességében tehát számos emberi tevékenység együttes eredménye, amelyre – elsősorban annak negatív hatásaira – mielőbb megoldást kell találnunk. Kutatásunk során elsősorban hazánk szélsőséges csapadékviszonyait, továbbá az éghajlatváltozásnak a hazai vízgazdálkodásra gyakorolt hatásait vizsgáltuk annak érdekében, hogy a kialakuló gondok és kockázatok kezelésére megfelelő műszaki megoldást biztosítsunk mind a lakosság, mind pedig a gazdasági élet különböző szereplői számára.

Az éghajlatváltozás hatásai

Az éghajlat változásának egyaránt vannak pozitív és negatív hatásai, amelyek rövid vagy hosszú távon meghatározzák és befolyásolják az emberi életet. A lakosság pozitív hatásként éli meg, hogy télen egyre magasabb a napi középhőmérséklet,⁵ aminek következtében kevesebb energiát kell fűtésre felhasználnunk. Ezzel egyidejűleg kevesebb a havas napok száma,⁶ így nem kell hóeltakarításra annyi időt, pénzt és energiát fordítani, mint például 1986–87 telén.⁷ A magasabb téli átlaghőmérséklet (2. ábra) és a kevesebb hó miatt kevésbé csúszósak a közlekedési utak, így alacsonyabb a közlekedési balesetek száma.⁸



2. ábra: A téli középhőmérséklet Magyarországon 1901/1902 és 2021/2022 között az 1991–2020-as átlaghoz képest a homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján

Forrás: Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. [é. n.c].

⁴ JÁNOSI et al. 2023.

⁵ Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. [é. n.a].

⁶ Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. [é. n.b].

⁷ KURUNCZI 2010.

⁸ Központi Statisztikai Hivatal [é. n.].

Az éghajlatváltozás negatív hatásairól azonban sokkal többet lehet hallani a különböző médiuumokban, mivel a folyamat és annak következményei egyre több problémát és kellemetlenséget okoznak a társadalomnak. A szélsőséges időjárási események, a csökkenő terméshozamok, a kártevők elszaporodása stb. hatással vannak a környezetre, a gazdaságra, a társadalomra és az emberi szervezetre egyaránt.

Az elmúlt években számos tudományos kutatás készült, amelyekben az éghajlatváltozás okait, hatásait és azok következményeit vizsgálták és mutatták be többek között a biztonság⁹ és a Magyar Honvédségre vonatkoztatva, mivel az extrém időjárás hatással van a katonai feladatok végrehajtására is. „2018-ban például jelentősen megnőtt a Dunához köthető robbanótestek bejelentésének száma, ami főleg a rendkívül alacsony vízállásnak volt köszönhető.”¹⁰ Az éghajlatváltozás és a katonai erő viszonyrendszerének tanulmányozásával¹¹ dr. Padányi József, az NKE egyetemi tanára évek óta kiemelten foglalkozik. A témában megjelent publikációiban¹² ismerteti az elméleti alapvetéseket, vizsgálja az éghajlatváltozás hatását a nemzet biztonságára,¹³ a katonai erőre¹⁴ és annak feladataira, továbbá részletes elemzést ad a természeti katasztrófák elleni védekezésről, az abban betöltött – és egyre növekvő – katonai szerepről szerte a világban.

Tekintettel arra, hogy az éghajlatváltozás az emberiségre és a természetre egyaránt súlyos hatásokat gyakorolhat, ezért a változás mérséklése érdekében minél alacsonyabb átlaghőmérsékleten meg kell állítanunk bolygónk melegeledését. Ezt a célt szolgálja többek között a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia¹⁵ (NÉS-2), amelynek kidolgozása során a közpolitikai cél egy olyan cselekvési terv volt, amely lefekteti azokat a célkitűzéseket, amelyek megvalósításával az éghajlatváltozás által előidézett hatások kezelhetők. Ennek megvalósítása során – a nemzetközi erőfeszítésekkel összhangban – egyrészt mérsékelnünk kell az üvegházhatású gázok kibocsátását, másrészt növelnünk kell a szén-dioxid-elnyelő kapacitásainkat. E cél elérését segíti elő például a megújuló energiaforrások felhasználásának állami támogatása különböző pályázatokon keresztül. Napjainkban egyre jobban terjed a napenergia felhasználása, amelybe beletartozik annak passzív kiaknázása is. „Ebben az esetben az épületek helyes tájolásával, az üvegezett nyílászárók méretének növelésével és a felhasznált építőanyagok jó megválasztásával az üvegházhatás jelenség elvén szabályozhatjuk és javíthatjuk az épületek hőháztartását.”¹⁶

Cikkünkben az éghajlatváltozás okait és következményeit vizsgáljuk annak érdekében, hogy egyszerűen, hatékonyan és gazdaságosan megvalósítható műszaki megoldásokat kínáljunk a kialakult problémák megszüntetésére vagy enyhítésére, valamint a jövőben várható káros hatások megelőzésére.

⁹ PADÁNYI 2009: 33–46.

¹⁰ EMBER 2019: 65–77.

¹¹ PADÁNYI 2021: 31–43.

¹² PADÁNYI 2023: 111–119.

¹³ PADÁNYI 2015: 272–284.

¹⁴ PADÁNYI 2022.

¹⁵ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat.

¹⁶ BEREK–DÉNES 2016: 89–96.

Az éghajlatváltozásra adott válaszok

A NÉS–2 előrejelzése szerint Európa egyik legsérülékenyebb országa Magyarország, ezért a várható következmények elhárításának feladatai be kell hogy épüljenek a szakpolitikai tervezésbe és a gazdasági döntéshozatalba. A fokozott kockázat miatt kiemelten kezelt területek:

- mezőgazdasági termésbiztonság;
- természeti értékeink;
- emberi egészség;
- vízgazdálkodás.

A NÉS–2-ben megfogalmazott Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv – KJT) bemutatja az éghajlatváltozás negatív hatásait a vizeinkre és a hazai vízgazdálkodásra. A jövőbeni időjárási szélsőségek az elérhető víz mennyiségének csökkenését eredményezhetik, miközben a társadalom és gazdaság részéről a vízigények várhatóan növekedni fognak. A területi vízgazdálkodás (árvízmentesítés és -védekezés, síkvidéki vízrendezés, belvízvédekezés, mezőgazdasági vízgazdálkodás, folyógazdálkodás, vízi utak, vízenergia-hasznosítás) kulcsfontosságú. A KJT átfogó, hosszú távú céljai között kiemeli, hogy a vizek okozta károk megelőzését előtérbe kell helyezni a védekezés helyett; a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt alakításában pedig lényeges, hogy a víz káros bősége a vízhiány mérséklésére legyen fordítható.¹⁷

A KJT a célokon túl az azok eléréséhez szükséges intézkedéseket, súlyponti feladatokat is meghatározza. Ezek között jelennek meg:

- a vízvisszatartás és vízzétosztás a vizeink jobb hasznosítása érdekében;
- a kockázatmegelőző vízkárelhárítás; a vizek állapotának fokozatos javítása, a jó állapot elérése;
- a minőségi víziközmű-szolgáltatás és csapadékvíz-gazdálkodás;
- a társadalom és a víz viszonyának a javítása;
- a vízgazdálkodás gazdasági szabályozó rendszerének újjászervezése;
- a tervezés és irányítás megújítása.¹⁸

Az elmúlt években több jogi és műszaki szabályozás született Magyarországon stratégiai válaszként ezekre a kihívásokra. A cél a következmények enyhítése és a változásokhoz való lehető legnagyobb alkalmazkodás.

A nemzeti vízstratégiában megfogalmazott célok mielőbbi teljesítése érdekében az országgyűlésnek mint törvényhozó szervnek, valamint a kormánynak, mint a közigazgatás legfőbb irányítójának, megkérdőjelezhetetlen feladata és felelőssége is van. Az elmúlt években több jogi és műszaki szabályozás született Magyarországon stratégiai válaszként az éghajlatváltozás okozta például energia- és vízbiztonsági kockázatok hatékony kezelésére,¹⁹ amelyek célja

¹⁷ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat.

¹⁸ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat.

¹⁹ FÖLDI–BEREK–PADÁNYI 2022: 87–96.

a következmények enyhítése és a változásokhoz való alkalmazkodás elősegítése volt. Ezek közül mi az alábbiakat emeljük ki.

- Vízstratégia és vízgazdálkodási politika kidolgozása. A kormánynak stratégiai vízpolitikákat kell kidolgoznia, végrehajtania és folyamatosan aktualizálnia az éghajlatváltozás hatásainak kezelésére, kiemelten kezelve a vízgazdálkodási feladatokat (benne például az öntözőrendszerek optimalizálását, a vízbázisok védelmét, a vízfelhasználás csökkentését vagy optimalizálását).
- Vízépítési műtárgyak és víziközmű-infrastruktúra fejlesztése. A kormánynak jogalkotási és anyagi lehetősége is van arra, hogy a szükséges új vízgazdálkodási infrastruktúrát létrehozza, vagy a meglévőket fejlessze, beleértve a víztározókat, vízelvezető rendszereket és árvízvédelmi létesítményeket.
- Kutatás, fejlesztés és innováció támogatása. A kormánynak fontos feladata van olyan megoldások, technológiák és módszerek kifejlesztésében, létrehozásában és bevezetésében, amelyek segíthetnek az éghajlatváltozáshoz való könnyebb alkalmazkodásban, valamint a vízgazdálkodási problémák és kihívások kezelésében.
- Környezetvédelmi és természetvédelmi szabályozás. A kormánynak szerepet kell vállalnia a természetes, elsősorban vízi élőhelyek védelmében és helyreállításában, amelyek kulcsfontosságúak lehetnek a vízbázisok fenntartható állapotának megőrzésében és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásban. Az eddigieknél jelentősen szigorúbb jogszabályokat kell bevezetniük az erdőirtás, a talajdegradáció,²⁰ a vízkészletek szennyyezése és más környezeti károsodások megelőzése, megszüntetése és az eredeti jó állapot visszaállítása érdekében. A biodiverzitás megőrzése érdekében fontos feladat természetvédelmi területek létrehozása és védelme.
- Társadalmi felelősségvállalás és tájékoztatás. A kormánynak fontos szerepe van a lakosság tudatformálásában és tájékoztatásában az éghajlatváltozásról, annak hatásairól, továbbá az egyéni és a kollektív cselekvés fontosságáról és lehetőségeiről.
- Víztakarékosági intézkedések. A rendelkezésre álló vízkészletek takarékos és hatékony felhasználását szolgáló intézkedések, például az öntözési technológiák fejlesztése, a csepegtető öntözés és az esővízgyűjtés lehetőségeinek kiaknázása segíthetnek csökkenteni a vízfogyasztást, így hozzájárulnak az aszályos időszak átvészeléséhez.
- Vízforrások diverzifikálása. Vízihiányos időszakban a vízforrások diverzifikálása (például a tározók, a felszín alatti vizek, a tisztított szennyvíz használata) segíthet csökkenteni a vízihiány okozta gondokat. Ebben a feladatban hatékonyan alkalmazható az ivóvíz szennyezettségének gyors felismerését lehetővé tevő mikroszkópos vizsgálat. A vízminta a többi vizsgálatához viszonyítva mikroszkóposan gyorsan feldolgozható, a laboratóriumba érkezése után 1–2 óra alatt vizsgálati eredményt adhat.²¹
- Nemzetközi együttműködések és egyezmények létrehozása. Tekintettel arra, hogy globális, minden országot – még ha különbözőképpen is – érintő problémáról van szó,

²⁰ Talajdegradáció: a talajok pusztulását, termőképességének csökkenését jelenti szerkezeti vagy összetételi romlás eredményeként, amit okozhat természetes hatás vagy emberi aktivitás. Ilyen folyamat például az erózió, a szervesanyag-készlet csökkenése, a tömörödés, a vízgazdálkodás szélsőséggé válása, talajszennyezés.

²¹ PLUTZER et al. 2018: 28–31.

a kormánynak együtt kell működnie más országokkal és részt kell vennie nemzetközi egyezményekben és megállapodásokban az éghajlatváltozás hatásainak enyhítése céljából, és a vízgazdálkodást érintő közös ügyek miatt.

- Megújuló energiatermelés előmozdítása. A kormánynak különböző megoldásokkal támogatnia kell a megújuló energiatermelést, amelyek közül a fenntarthatósági elvárásoknak megfelelő vízerőművek alkalmazása több szempontból is fontos. Az energiatermelés mellett tározási feladatokat lát el, ami a természetes élőhelyekhez biztosítja a szükséges vízmennyiséget. Emellett a vízkészlet-gazdálkodásban, az árvizek levezetésében és a vizek visszatartásában is van szerepe az aszályos időszak okozta gondok kezelésére.
- Éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási intézkedések. A kormánynak fel kell készülnie az egyre fokozódó éghajlatváltozás okozta kihívásokra, például árvizekre, viharokra és aszályokra, amelyekre megoldást nyújthatnak infrastrukturális fejlesztések, vízgazdálkodási intézkedések, innovatív vízierőművek és fenntartható településfejlesztési stratégiák.

A felsorolt intézkedések véleményünk szerint már rövid távon is tevékenyen hozzájárulhatnak az éghajlatváltozás eredményeként kialakult vízgazdálkodási problémák kezeléséhez és az érintett közösségek védelméhez a fenntartható jövő kialakításának érdekében. Fontos kihangsúlyoznunk azonban, hogy a beavatkozás során – az érintett szakterületek hozzáértő képviselőinek bevonásával – minél szélesebb körű együttműködést és összehangolt intézkedéseket alkalmazzanak az éghajlatváltozás hatásainak hatékony kezelése érdekében. Tekintettel arra, hogy az épített környezetünk létrehozása és fenntartása jelentős részben műszaki (építés, építőmérnöki, gépész stb.) feladat, így a továbbiakban azoknak a megoldási lehetőségeknek az ismertetésével foglalkozunk, amelyek szakterületeinknek megfelelnek.

Az éghajlatváltozás miatt fokozódó vízgazdálkodási problémák enyhítésének műszaki lehetőségei

Az elmúlt években a csapadékszegény időjárás volt jellemző hazánk számos tájegységére, különösképpen az Alföld középső és tiszántúli részére. A 2021-es száraz év után a csapadékhiány 2022-ben tovább folytatódott, aminek következtében az ország jelentős részén súlyos aszály alakult ki, aminek kiváltó okai között a tájhasználat és a tájgazdálkodás változása²² is megtalálható. Az éghajlatváltozás miatt a jövőben várhatóan bekövetkező, hasonlóan szélsőséges időjárási események, valamint az urbanizációs folyamatok eredményeként folyamatosan növekvő felhasználói vízigények és az ezzel együtt járó fokozódó szennyvízterhelés miatt egyaránt komoly következményekre kell felkészülnünk a vízgazdálkodásban. Az így várhatóan bekövetkező hatások (például vízellátás korlátozása, vízhiány, vízminőségromlás stb.) kezelése a hagyományostól eltérő szemléletet, felkészültséget és módszereket igényelnek a megoldást kereső például mezőgazdasági, pénzügyi és műszaki szakemberektől egyaránt.

²² HETESI et al. 2023: 18–22.

Az éghajlatváltozás következtében kialakuló vízgazdálkodási problémák enyhítése vagy megoldása összetett feladat, amit számos tényező meghatároz. Egyidejűleg kell foglalkozni többek között a társadalom igényeinek folyamatos biztosításával, az élő és az élettelen környezet védelmével, a gazdaság működőképességének fenntartásával, valamint a szélsőséges időjárási események kezelésével. Ez azt jelenti, hogy nem csupán a vízellátás és csatornázás infrastruktúrájával kell foglalkozni, hanem a környezetszennyezés egyidejű csökkentésével, a rendelkezésre álló vízkészletek fenntartható használatával, továbbá a vízkészletek mennyiségi és minőségi védelme érdekében a természetes vízviszatarást elősegítő intézkedések alkalmazásának lehetőségeivel is.²³

Az alábbiakban ismertetett műszaki megoldások véleményünk szerint fontos válaszlépések lehetnek az éghajlatváltozás következtében kialakult és a jövőben várhatóan fokozódó vízgazdálkodási problémákra.

- Zöldinfrastruktúra-fejlesztés és -fenntartás. A zöld infrastruktúra olyan környezetbarát megoldások integrált kialakítású hálózatát jelenti, amelynek célja, hogy széles körű ökoszisztéma-szolgáltatások nyújtására legyen képes. A stratégia kiterjed többek között a klímavédelmi és adaptációs intézkedésekre, az ökológiai kapcsolatok fenntartására, a zöldfelület-gazdálkodásra, a csapadékvíz-gazdálkodásra és a szabadtéri rekreációra. A településeken a lakosság megtartását, a klímavédelmet és a hatékony erőforrás-gazdálkodást mint alapvető célok megvalósítását szolgálja. A települések zöld infrastruktúrája például mérsékli a szélsőséges időjárási események hatását, amihez egyebek mellett a zöldtetők, esőkertek, parkok kialakítása is hozzájárul.
- Vízi és vizes élőhelyek kialakítása, visszaállítása. A vízi és vizes élőhelyek (mocsarak, holtágak, árterek, tóka²⁴) egyaránt fontos szerepet töltenek be az élővilág és a természeti értékek megőrzésében, ökológiai szempontból pedig felbecsülhetetlen a jelentőségük. Ezek a területek természetes módon segítik a csapadékvizek visszatartását és lassú lefolyását, valamint növelik a felszín alatti vízkészletek mennyiségét. A mocsarak, vizes rétek és természetes tavak ugyanakkor fontosak az ökológiai egyensúly fenntartásában is. A vizes élőhelyek természetes módon csillapítják az árhullámokat, valamint tárolják a tavasszal érkező, olvadásból származó vizeket, majd a csapadékhiányos időszakban ebből biztosítják a vizet az élővilágnak.
- Föld alatti vízkészletek (például rétegvizek, talajvíz) mennyiségének növelése. A felszín alatti vízkészletek mennyiségének növelése jelentős szerepet tölt be a fenntartható vízkészlet-gazdálkodásban, valamint az éghajlatváltozás kockázatainak és káros hatásainak csökkentésében. Tekintettel arra, hogy a legnagyobb tározó térfogat a talaj, emellett ingyen és nagy mennyiségben rendelkezésre áll, így magától értetődő megoldás a területre hulló csapadék talajba szivárgását elősegíteni különböző műszaki megoldásokkal annak érdekében, hogy a csapadékvíz nagyobb mértékben és helyben hasznosítható legyen. Ezzel a megoldással egyfelől megnöveljük a talajban elraktározott (onnan később

²³ BALATONYI et al. 2022: 25–31.

²⁴ Tóka: vízgyűjtésre szolgáló mély gödör, kicsiny tó, tócsa, tavacska. A benne összegyűjtött vizet a háziállatok itatására, növények öntözésére, valamint mosásra és tisztálkodásra is használták főleg az Őrségben.

felhasználható) vízkészlet mennyiségét, másfelől a nagy intenzitású csapadékok nem okoznak majd komoly pusztítással járó villámárvizeket, ezáltal jelentős károkat. A felszín alatti vízkészletek mennyiségének növelésére alkalmazható műszaki megoldások például a szikkasztóárok, szikkasztóakna, permeábilis burkolat.

- A vízgyűjtőterület használatának szabályozása a lefolyási tényező módosítása érdekében. A lefolyási tényező azt mutatja meg, hogy a vizsgált területre lehullott csapadékból mennyi folyt le. Az éghajlatváltozás miatt várhatóan fokozódó vízgazdálkodási kockázatok megelőzése miatt az a hosszú távú stratégiai cél, hogy a lehullott csapadék legnagyobb része ne folyjon le a területről, hanem inkább használják fel vagy tárolják. Ennek biztosítása érdekében a vízgyűjtőterületen szabályozni kell a lefolyást leginkább befolyásoló emberi tevékenységeket, mint például a szántóföldi gazdálkodást, az építkezéseket, valamint a növényzet kiirtását.
- Víz tározók építése. A csapadékvíz visszatartása, majd összegyűjtése és tározása víztározók építésével oldható meg. Ez a megoldás biztosítja például a vízhasználatot aszály idejére, beszívárgás útján megnöveli a felszín alatti vízkészlet mennyiségét, a lehullott csapadékvíz-mennyiség egy részének visszatartásával csökkenti a nagy intenzitású csapadék miatt kialakuló villámárvizek kialakulásának és károkozásának kockázatát, valamint csökkenti az árvízi vízszintet.
- Vésztározók, árapasztó tározók építése. Az árhullámok levezetésének egyik műszaki beavatkozási lehetősége, hogy a káros víztöbbletet szabályozott körülmények között a folyó mentén kiépített árapasztó tározókba vezetik, és az árhullám levonulása után, például aszályos időszakban visszaengedik a folyóba.
- Csapadékvízgyűjtés és -felhasználás. A csapadékvíz összegyűjtésének, tárolásának és felhasználásának napjainkban egyre nagyobb a jelentősége. A megoldás alkalmazásának céljai között fontos kiemelnünk a vízforrások diverzifikációját, az öntözést, a környezetvédelmet, valamint a villámárvizek kockázatának és károkozásának csökkentését. A csapadékvíz gyűjtése hosszú távú olcsó megoldást jelenthet a helyi vízellátás és öntözés kihívásaira, különösen a változó éghajlati körülmények között. Az ingatlanok területére telepített tartályokban összegyűjtött csapadékvíz felhasználható öntözésre, mosásra vagy akár ivóvíz előállítására is. A megújuló energiafelhasználás lakossági támogatásához hasonló állami támogatás véleményünk szerint nagyban hozzájárulna a klímavédelmi célok megvalósításához.
- Vízfolyások vízszintjének emelése fenékküszöb építésével. A vízfolyásokban létesített fix vagy mozgatható fenékküszöbök növelhetik, egyúttal stabilizálhatják a vízfolyások vízmélységét és áramlási sebességét, ami víztározási célokat szolgál, továbbá elősegítheti a vízi közlekedést. Alkalmas arra, hogy megváltoztassa a vízfolyások természetes környezetét, ami új élőhelyeket teremthet a vízi élőlények számára, ami által hozzájárulhat a folyók biológiai sokféleségének növeléséhez.

Az éghajlatváltozás hatásait – az általunk bemutatott műszaki megoldások alkalmazásával – enyhítő intézkedések fontosabb célja többek között az emberi egészség és biztonság védelme, az életminőség javítása, a környezet megóvása, a természeti katasztrófák csökkentése,

valamint a fenntartható fejlődés előmozdítása. A fenntartható vízgazdálkodást támogató intézkedések hosszú távon segíthetnek hatékonyan csökkenteni az üvegházhatású gázok kibocsátását, ezáltal lassítani az éghajlatváltozást és mérsékelni annak káros következményeit, mint például a szélsőséges időjárási események gyakoriságát és súlyosságát, valamint az élelmszer-biztonság és vízellátás fenyegetettségét. A témában végzett kutatásunk elsődleges célja éppen ezért az, hogy az emberiség és a környezet számára egyaránt fenntarthatóbb, közös jövőt teremtsünk.

Összegzés

Az éghajlat egyre fokozódó változása korunk egyik olyan jelentős kihívása, aminek számos káros, komplex kölcsönhatások eredményeként bekövetkező hatása van, amelyek közvetlenül érintik a környezetet, az élővilágot és az emberek életét. Globális fenyegetést jelent, ami ellen a Föld összes országának egységesen, egymással együttműködve kell fellépnie. Ennek érdekében számos nemzetközi megállapodás jött létre, amelyek konkrét cselekvési terveket is tartalmaznak a globális felmelegedés megállítására. Ilyen például a párizsi megállapodás, aminek egyik fő célkitűzése, hogy az EU 2050-re az első klímasemleges gazdasággá és társadalommá váljon.

Az éghajlatváltozás lassulását eredményező intézkedések, a globális és lokális szinten végrehajtható feladatok évtizedek óta ismertek, azok elvégzésére nemzetközi egyezmények és stratégiai együttműködések jöttek létre. A kitűzött célokat azonban nem sikerült elérni, aminek okai közül a klímabarát beruházások alacsony megtérülését, valamint a jogi szabályozás összetettségét emeljük ki. A legfontosabb nehézséget mégis inkább az okozza, hogy a gazdasági nagyhatalmak elsődleges célja a gazdaságuk folyamatos fejlődésének biztosítása, ezáltal a GDP-jük jelentős növelése, aminek eléréséhez az eddigi, üvegházhatású gázok egyre jelentősebb kibocsátásával járó gazdasági tevékenységet kell folytatniuk.

A cikkben ismertetett kutatás során az éghajlatváltozásnak a hazai vízgazdálkodásra gyakorolt – elsősorban káros – hatásait vizsgáltuk annak érdekében, hogy egyszerűen alkalmazható, ugyanakkor mégis hatékony műszaki megoldásokat találjunk a gondokra. A témában végzett kutatásunk tudományos alapokon nyugvó eredményei és megoldásai véleményünk szerint akár már rövid, néhány éves időtávon számottevően növelhetik a felhasználható vízkészlet mennyiségét. A bemutatott műszaki megoldások mindegyike azt a célt szolgálja, hogy a hazánk területére érkező csapadékvizeket, felszíni és felszín alatti vizeket hasznosítás nélkül ne engedjük ki az országhatáron.

Felhasznált irodalom

23/2018. (X. 31.) OGY határozat a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról. Online: <http://www.parlament.hu/irom40/15783/15783.pdf>

- BALATONYI László et al. (2022): Kisvízfolyások árvízi kockázatának csökkentése, a természetes vízviszszatartást elősegítő intézkedések alkalmazásának lehetőségei. *Hidrológiai Közöny*, 102(1), 25–31.
- BEREK Tamás – DÉNES Kálmán (2016): Megújuló energiaforrások felhasználása katonai létesítményekben. *Műszaki Katonai Közöny*, 26(1), 89–96. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2192/1461>
- EMBER István (2019): A dunai alacsony vízállások tűzserész tapasztalatai 2018-ban. *Műszaki Katonai Közöny*, 29(3), 65–77. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.3.5>
- FÖLDI, László – BEREK, Tamás – PADÁNYI, József (2022): Hungary's Energy and Water Security Countermeasures as Answers to the Challenges of Global Climate Change. *AARMS*, 20(2), 87–96. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2021.2.7>
- Föld Napja Alapítvány (2016): *Amit kevesen tudnak a felmelegedésről*. Online: <http://fna.hu/hir/pluszegyfok>
- HETESI Zsolt et al. (2023): A 2022-es aszály éghajlati, tájhasználati okai és következményei. *Agrofórum*, 34(2), 18–22. Online: https://agroforum.hu/assets/uploads/woocommerce_uploads/2023/02/2023_02_FEBRUAR_TOTAL-jte8j5.pdf#page=18
- JÁNOSI, Imre Miklós et al. (2023): Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate*, 11(6), 118. Online: <https://doi.org/10.3390/cli11060118>
- Központi Statisztikai Hivatal [é. n.]: 4.1.1.45. *Közlekedési balesetek*. Online: https://www.ksh.hu/stadat_files/ege/hu/ege0061.html
- KURUNCZI Rita (2010): A 86-87-es tél. Online: <https://www.idokep.hu/hirek/a-86-87-es-tel>
- Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. [é. n.a]: *Éves és évszakos középhőmérsékletek változása*. Online: https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/homerseklet_es_csapadektrendek/kozephomerseklet/homerseklet_es_csapadektrendek/kozephomerseklet/
- Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. [é. n.b]: *Grafikonok – Budapest*. Online https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Budapest/grafikonok/#y_drh
- Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. [é. n.c]: *Hírek*. Online: <https://www.met.hu/rolunk/hirek/index.php?id=3158>
- PADÁNYI József (2009): Éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései. *Hadtudomány*, 19(1–2), 33–46. Online: http://mhtt.eu/hadtudomany/2009/1_2/033-046.pdf
- PADÁNYI József (2015): Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, 25(E-szám), 272–284. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2015.25.E.272>
- PADÁNYI József (2021): Az éghajlatváltozás hatásai, mint a katonai erő előtt álló biztonsági kihívások. *Hadtudomány*, 31(1), 31–43. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2021.31.1.31>
- PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatásai a katonai erőre*. Budapest: Ludovika.
- PADÁNYI József (2023): Éghajlatváltozás, természeti katasztrófák, környezeti hatások, katonai képességek. *Hadtudomány*, 33(e-szám), 101–119. Online: <https://doi.org/10.17047/Hadtud.2023.33.E.1>
- PLUTZER Judit et al. (2018): A mikroszkópos biológiai vizsgálatok jelentősége vízbiztonsági szempontból 2. rész: A nyersvíztől a fogyasztóig, a kifogásoltság okai és megoldási lehetőségek. *Vízű Panoráma*, 26(6), 28–31. Online: http://www.maviz.org/system/files/vizmu_panorama_-_2018-6_web.pdf