



**Mrekva László**

## **REZILIENS VÁROSI ÁRVÍZI KOCKÁZATKEZELÉS A KRITIKUS VÍZIKÖZMŰ INFRASTRUKTÚRA RENDSZEREKBE**

### **Absztrakt**

A szélsősége árvízi események világszerte hatalmas károkat okoznak. Az urbanizációnak köszönhető társadalmi-gazdasági fejlődés mellett az éghajlatváltozás a másik olyan tényező, amely fokozza a rendkívüli hidrometeorológiai események által generált problémákat és a vízzel kapcsolatos katasztrófák további növekedéséhez vezet. A települési vízgazdálkodás egyaránt jelent környezeti, társadalmi, gazdasági, intézményi és infrastrukturális feladatokat. A fenntartható települési vízgazdálkodás alapvető célja a változás szükségességének felismerése, nyitottság, odafigyelés és módszeresség, tényleges stratégiai gazdálkodás megvalósítása, amely a vízvisszatartás-tározás-hasznosítás pillérrendszerén alapul. A jövőbeli árvízvédekezés a kockázatalapú megközelítés helyett a reziliencia képességre épít. A kutatások azt mutatják, hogy a jelen árvízvédelmi stratégiák nem adnak elégséges választ a mai árvízi környezet generálta problémákra. Az árvíz kockázat elkerülhetetlen, de kezelhető. Olyan jövőbeli árvízkezelési stratégiát kell kialakítani, amely magában foglalja a fenntarthatóságot, a reziliencia és az alkalmazkodás képességét. Az átfogó kutatási céloom a települési földhasználat és a városi árvíz kockázat különböző szempontjainak együttes kezelése, és az azokkal történő sikeres gazdálkodás lehetőségeinek meghatározása a kritikus víziközmű infrastruktúrák szempontjából. Jelen cikk eddigi kutatási eredményeimet foglalja össze a „II. Iparbiztonsági és katasztrófavédelmi hatósági kutatások” tudományos konferencián megtartott előadásomon alapulva.

**Kulcsszavak:** árvíz, kockázat, modell, infrastruktúra, csapadék, lefolyás, tervezés



## RESILIENT URBAN FLOOD RISK MANAGEMENT IN THE CRITICAL WATER INFRASTRUCTURE SYSTEMS

### Abstract

Extreme flood events cause huge damage worldwide. Alongside the socio-economic development due to urbanisation, climate change is another factor that is enhancing the problems generated by extreme hydrometeorological events and leading to a further increase in water-related disasters. Urban water management is an environmental, social, economic, institutional and infrastructural challenge. The basic objectives of sustainable urban water management are to recognise the need for change, to be open, attentive and systematic, and to implement effective strategic management based on a system of water retention-storage-utilisation pillars. Future flood protection will be based on resilience rather than a risk-based approach. Research shows that current flood management strategies do not provide an adequate response to the problems generated by today's flooding environment. Flood risk is inevitable but manageable. A future flood management strategy must be developed that incorporates sustainability, resilience and adaptive capacity. This paper summarises my up to date research findings to address the different aspects of urban land use and urban flood risk together and to identify options for their successful management in terms of critical water infrastructure.

**Keywords:** flood, risk, model, infrastructure, precipitation, runoff, planning

### 1. BEVEZETÉS

Az időjárás természetes változékonyságának és bizonytalanságának köszönhetően a vízgazdálkodás sok területen jelentős kihívásokkal néz szembe. A jövőben a különböző típusú árvizek előfordulására kell felkészülnünk és az árvizek okozta károk is változóak lehetnek ezért az árvízi kockázatkezelésre vonatkozó célkitűzéseket az országoknak maguknak kell meghatározniuk, azoknak helyi és regionális körülményeken kell alapulniuk. Az árvíz okozta káros hatások a kockázatkezelési intézkedések rangsorolását teszik szükségessé [1]. Az észlelt árvízszintek emelkedésének legalább három, egymást átfedő, egymásra halmozódó oka van: a



vízgyűjtőn folytatott emberi tevékenység hatásának integrált megjelenése, az újabb, korábban még nem előfordult időjárási helyzetekből származó következmények, illetve [...] az éghajlatváltozás [...]. [2]

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló FEHÉR KÖNYV hangsúlyosan kiemeli az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését és a változáshoz való alkalmazkodás szükségességét, a [...] hatásaival szembeni ellenálló képesség fokozását [3] és azt, hogy az ehhez kapcsolódó alkalmazkodási intézkedéseket mind helyi, mind regionális, mind pedig nemzeti szinten is meg kell fogalmazni [4]. Ennek megfelelően növelnie kell a felkészültséget az éghajlatváltozás hatásai elleni küzdelemben helyi, regionális, nemzeti [...] szinten egyaránt, emellett egységes megközelítésmódot kell kialakítani és javítani kell az együttműködést [5]. Az integrált és koherens éghajlat-változási, alkalmazkodási és mérséklési stratégia kialakításában a földhasználat kulcsfontosságú tényező. Tekintettel a megnövekedett a földhasználatot érintő változásra és az éghajlatváltozás miatti megnövekedett árvíz kockázatra, a jövőben sokkal nagyobb szükség lesz az árvíz kockázat növekvő szintjének kezelését lehetővé tevő ösztönzőket biztosító szabályozási és gazdálkodási (a hosszú távú árvízvédelem teljes költségét figyelembe vevő) eszközök kidolgozására a földhasználat és az árvíz kockázat-kezelés kapcsolatának jobb megértése érdekében.

A helytelen földhasználat következtében, a nagy felületű, növénytakarás nélküli, áthatolhatatlan felszínek miatt a városi területek jelentős része árvíz kockázati szempontból veszélyeztetett. A városi árvizekkel való sikeres gazdálkodás nem oldható meg városi léptékben haladva, és a lehetséges árvíz károokra történő reagálás is sokkal bonyolultabb köszönhetően a politikai, gazdasági, társadalmi és környezeti változásoknak. Korábbi tanulmányaim alkalmával egyértelművé vált, hogy a földhasználat és annak megváltozása hat leginkább azokra a hidrológiai folyamatokra melyek (térben és időben) előidéznek az árvíz kockázatot magát. Mindezek megkövetelik a földhasználati gyakorlat körültekintő, tervezett és tudatos megváltoztatását, egyfajta paradigmaváltást. Alapvető, hogy a kockázatkezelést integrált módon, a szerkezeti és nem szerkezeti intézkedéseket kombinálva, komplexen valósítsuk meg. A komplex kölcsönhatás egy átláthatóbb koncepcionális keretet követel meg, melyben megvalósul a megfelelő intézményi és szervezeti működés. Ezeknek az összetevőknek a felismerése elősegíti az árvíz kockázat megértését [1]. Fő alapelvként jelenik meg az EU COM (2004) 472 számú az Árvíz kockázatkezeléséről készített előterjesztésben és az ICPDR



Fenntartható Árvízvédelmi Cselekvési Programjában az, hogy az árvíz elleni védekezésről át kell térnünk az árvízi kockázatkezelésre a vízgyűjtő alapú megközelítést alkalmazva, a hatóságok és az érintettek közös cselekvésére építve. Egyre inkább elterjedt az a felismerés miszerint az árvíz kockázat értékelést integrálni kell más vízgyűjtő-gazdálkodási célokkal. Egy ilyen cél a városok oly módon történő előkészítése, hogy alkalmassá váljanak az árvízi elöntések adaptálására, azaz rezilienssé váljanak [6].

Az árvíz kockázatának megértése és számszerűsítése, valamint a vízgyűjtő szintű árvíz kockázat - kezelésre tervezés szempontjából eddig nagyon keveset tettünk. Ezek az információk az árvíz védekezési intézkedések rangsorolása miatt fontosak, segítenek a vízgazdálkodási szakembereknek, a várostervezőknek a tervek leszűkítésében a reziliens árvíz-gazdálkodási stratégiai tervek kifejlesztésében [7].

Amikor a rezilienciáról, mint jelenségről beszélünk, akkor egyfajta holisztikus, többváltozós szemléletmódról beszélünk, mely a környezet és a kockázat közötti kapcsolatot kutatja. A reziliencia azt a képességet jelenti, amikor előre láthatjuk, felkészülhetünk, reagálhatunk a jelentős rendellenességekre (mind fizikai, mind intézményi értelemben). A reziliencia stratégiája nem az árvizek megelőzésére koncentrál, mindinkább a károk elkerülésére és az árvíz utáni mielőbbi helyreállításokra. A közelmúlt árvizei azt mutatják, hogy az árvíz katasztrófát okoz. A reziliens árvízi kockázatkezelési stratégiák számos esetben bizonyulnak hasznos lehetőségnek. Egy reziliens stratégia alkalmazása vagy az árvízzel való együttélés során elkerülhetjük az esetlegesen bekövetkező katasztrófális helyzeteket és általuk egy sokkal fenntarthatóbb rendszerhez juthatunk [8].

A globális változások, főként az időjárási jelenségek szélsőségesé válása komoly veszélyeket rejt a kritikus infrastruktúra elemekre nézve. Napjainkban a városüzemeltetés szempontjából a globális változások okozta károk a kritikus vízi infrastruktúrák működőképességét, illetve a szolgáltatások folyamatos biztosítását fenyegetik. A káros események a szokásosnál többször okozhatnak fennakadást a települések működésben és a különböző infrastruktúra-szolgáltatásokban, ezzel veszélybe sodorva a település gazdasági működőképességét és a társadalmi szükség kielégítését. A biztonságpolitikai védelmi igazgatási feladatok meghatározása és a jövőbeli intézkedések kialakítása során fel kell készülni kritikus helyzetekre, alternatívák kialakítására. Az árvizek infrastruktúrákra gyakorolt hatásának vizsgálata során feltártam, hogy a megoldás nem az, hogy a kockázat elkerülése érdekében



figyelman kívül hagyjuk ezeket a változásokat, hanem hogy felkészülünk a kockázat lehetőségére, amit ezek a változások vonnak maguk után. [7].

## 2. A REZILIENCIA

A reziliencia kérdéskörét már korábban is vizsgáltam, részletesebben próbáltam kutatni a reziliencia jelenségét. A reziliencia a veszélyhelyzetekhez valós sikeres alkalmazkodást jelenti, egyfajta „rugalmas ellenállási képesség, azaz valamely rendszernek – legyen az egy egyén, egy szervezet, egy ökoszisztéma vagy éppen egy anyagfajta – azon reaktív képessége, hogy erőteljes, meg-megújuló, vagy akár sokszerű külső hatásokhoz sikeresen adaptálódjék.” Tudományos kutatásom során azért kezdtem el a reziliencia jelenségét kutatni, mert vizsgálni kívánom, hogy ha egy nyugalomban lévő városi infrastruktúra rendszert, valamilyen külső hatás pl. egy **rendkívüli csapadékesemény által kiváltott árvíz** elmozdít a nyugalmi helyzetéből, akkor milyen intézkedések szükségesek ahhoz, hogy ez a rendszer visszakerüljön nyugalmi állapotába, és a kockázattal szemben milyen intézkedési stratégiát kell alkalmazni.

A reziliencia, mint fogalom számos tudományágban használatos. A vízgazdálkodással összefüggésben lévő rezilienciával, mint fogalommal leggyakrabban az ökológia tudományában találkozhatunk, de használták a vízrendszerekkel kapcsolatban, valamint a tározók tervezésével és működtetésével összefüggésben is.

Az elmúlt néhány évtizedben a városi árvízi kockázat iránti érdeklődés folyamatosan növekszik, ahogy az áradások gyakorisága és a városi árvíz okozta károk is. Feltártam, hogy a városi területeken bekövetkező áradások legfőbb okai azok az extrém, csapadékesemények, melyek a városi víziközmű infrastruktúrák túlterheléséhez vezetnek. Az árvíz kockázat számszerűsítéséhez az árvíz teljes spektrumát lefedő valós eseményekből származó adatokra van szükség, ezen felül olyan módszertan kidolgozására, amely az árvíz valószínűségét és következményeit számszerűsíti. A megfigyelések mellett elengedhetetlen a különböző csapadékviszonyokból származtatható, a városi víziközmű infrastruktúra rendszerek viselkedését leíró szimulációs vizsgálatok elvégzése, melyek az adott infrastruktúra rendszer heves esőzésekből származó túlterhelését illetően képesek a csatornahálózaton keresztüli áramlásokra is pontos becsléseket adni [7]. A reziliencia a változások kezelésének,





menedzselésének képessége a környezethez való rugalmas alkalmazkodás, azaz a reziliencia [...] kritikus kompetenciaelem. [...] A reziliencia jelentőségének megértése [...] a stratégiaalkotás során nyitottság, odafigyelés és módszeresség annak számbavételében, őszinte szembenézés azzal, hogy milyen változásokat feltételeznek a fejlesztési irányok, a projektek [9]. A [...] rugalmas alkalmazkodás [...] nem más, mint „a rendszer azon képessége, hogy az alapvető funkcióit tekintve képes stabil maradni változó körülmények között [10].

A reziliencia egy rendszer, egy közösség vagy a társadalom azon képessége, amely a veszélyeknek való kitettség ellenére képes annak időben ellenállni, képes elnyelni, befogadni a veszély hatásait és képes időben és hatékony módon felépülni ebből a helyzetből. A nemzetközi kutatások szerint a városokkal összefüggésben a reziliencia az urbanizációhoz köthető új paradigmát jelenti, és befolyással van a városi veszélyhelyzetek megértésének és kezelésének módjára, valamint általában véve a várostervezésre. A reziliencia - melynek működtetése a gyakorlatban is kihívást jelent - egyfajta fogalmi keretet ad gyakorlati ökölszabályokkal, útmutatást az érdekeltek számára a városi (infrastrukturális) beruházásokat érintő katasztrófák és éghajlati kockázatok kezelésére [11].

### 3. ÁRVÍZI KOCKÁZATKEZELÉS

Az elmúlt évtizedek soha nem látott változások szemtanúi voltak világszerte. Ahogy a világ változik úgy jelennek meg a régiék mellett újabb és újabb kockázati tényezők. [...] Ha figyelmen kívül hagyjuk ezeket a kockázati tényezőket, akkor azok válság helyzetűvé alakulnak, és veszélyeztetik a velük szemben már nehezen megszerzett társadalmi és gazdasági reformokat. A megoldás nem az, hogy a kockázat elkerülése érdekében figyelmen kívül hagyjuk ezeket a változásokat, hanem hogy **felkészülünk a kockázat lehetőségére**, amit ezek a változások vonnak maguk után [8].

A kockázatnak a kritikus vízi infrastruktúrákra gyakorolt hatásának vizsgálata során először át kellett tekintenem a jogszabályi környezetet. Hazánkban a jogszabályok komplex rendszere szabályozza a víziközművek működését. A víziközmű-szolgáltatás szabályozása korábban része volt a vízgazdálkodási tevékenység tágabb szabályozásának, alapját a Vízgazdálkodási törvény jelentette (1995. évi LVII. Törvény a vízgazdálkodásról), mely tartalmazza az állami



és önkormányzati feladatokat, valamint a víziközművek üzemeltetésére vonatkozó előírásokat [12].

A víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény (Vksztv.) hatályba lépésével azonban már szektor specifikus jogszabály határozza meg a víziközmű-szolgáltatók engedélyköteles alaptevékenységeinek körét. Az Európai Unió országaiban a vízzel kapcsolatban az egyik legfontosabb jogszabályi keretet a Víz Keretirányelv adja, vagyis a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról szóló 2000/60/EK irányelv. A Víz Keretirányelv és a kapcsolódó rendeletek meghatározzák az elérendő fő célokat a vizek védelmével kapcsolatban [13].

Magyarország 2008-ban (a Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programjáról szóló 2080/2008. (VI. 30.) Korm. határozat alapján, amelyet a 1103/2014. (III. 4.) Korm. határozat 2. pont b) alpontja hatályon kívül helyezett) a kritikus infrastruktúrák közé sorolta a víziközmű szolgáltatást (ivóvíz szolgáltatás, szennyvízelvezetés- és tisztítás), valamint a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény (Lrtv.) (amelynek végrehajtási szabályait a 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet tartalmazza) 15. § (3) bekezdés alapján 2014. január 1-i hatállyal a víz ágazatra, mint létfontosságú infrastruktúra elemre kiterjesztette a védelem körét [14]. Az Lrtv. szerint meg kell határozni azokat az ideiglenes intézkedéseket is, amelyeket a különböző kockázati és veszélyszinteknek megfelelően fogantatosítani kell, és a veszélyeztetettség mértékét pedig többek között a működés, az üzemeltetés biztonsági foka határozza meg [15]. További a létfontosságú infrastruktúrára vonatkozó szabályozás a létfontosságú vízgazdálkodási rendszerelemek és vízilétesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet.

## 4. A KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA FOGALMA

A kutatás folytatásaként a városi árvizek kritikus víziközmű infrastruktúra rendszerekre gyakorolt hatásának vizsgálata során azonosítottam a kapcsolódó fogalmi definíciókat. A magyar szakirodalomban az infrastruktúra, mint fogalom az 1960-as évek után kezdett elterjedni a települések fejlődésével és a humán életkörülmények javításával kapcsolatban. Magyarországon a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról



szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) kormányrendelet 1. § 25. pontja egyértelműen definiálja a kritikus infrastruktúra fogalmát, miszerint: *Magyarországon található azon eszközök, rendszerek vagy ezek részei, amelyek elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához, az egészségügyhöz, a biztonsághoz, az emberek gazdasági és szociális jólétéhez, valamint amelyek megzavarása vagy megsemmisítése, e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna.* A hazai meghatározáson felül vizsgáltam a kritikus infrastruktúra fogalmára vonatkozó nemzetközi meghatározásokat a minél egzaktabb beazonosításhoz. A közművek csoportosítása szempontjából a rendeltetés szerint besorolást, azon belül is a vízgazdálkodási szempontokat tanulmányozom megalapozva az árvizek hatásának vizsgálatát a víziközmű infrastruktúra rendszerekben.

Feltártam, hogy főként az extrém árvízi események változékonysága megnőtt, és ez komoly veszélyeket rejt az infrastruktúra elemekre nézve. Ezek a globális változások okozta károk a kritikus vízi infrastruktúrák (ivóvíz-szolgáltatás ezzel együtt a vízbázisok védelme és a csapadékvíz elvezetés, a szennyvízelvezetés és szennyvíztisztítás) működőképességét, illetve a szolgáltatások folyamatos biztosítását fenyegetik. Bebizonyosodott, hogy az árvíz kockázat számszerűsítéséhez az árvíz teljes spektrumát lefedő valós eseményekből származó adatokra van szükség, ezen felül olyan módszertan kidolgozására, amely az árvíz valószínűségét és következményeit számszerűsíti. Megállapítottam, hogy az infrastruktúra jelentősége közvetlen arányos az általuk nyújtott szolgáltatással, és minden összetevője azonnali hatással van az életminőségre. Ha figyelmen kívül hagyjuk a negatív hatásokat és nem fejlesztjük a kritikus infrastruktúráinkat az eredmények nyilvánvalóak lesznek. Az üzemeltetőknek napi szinten kell szembenézniük ezekkel a hiányosságokkal. Ezt tovább már nem engedhetjük meg, mivel a városi területeken egyre nagyobb a népsűrűség, magasabb a gazdasági aktivitás, ennek következtében az árvizek által okozott károk is súlyosabbak lesznek.

Ezzel párhuzamosan egy célom a kritikus infrastruktúra fogalmának megismerése mellett az áradások hatásának vizsgálata a kritikus vízi infrastruktúra rendszerekben. A kutatás során beigazolódott, hogy az áradások elsődleges oka egyrészt az éghajlatváltozás (a szélsőséges időjárási események számának növekedése okán), másrészt hogy az éghajlaton kívül számos tényező befolyásolja az árvíz kockázatot, például a tervezés és a földhasználat megváltozása [16]. A városi földhasználat jellegének megváltozása árvíz katasztrófák növekedéséhez vezet,





melyek meghatározó hatással vannak a víz infrastruktúra-rendszerekre és a kapcsolódó ökoszisztéma-szolgáltatásokra is, ezért csökkenteni kell az infrastruktúra árvizek okozta sebezhetőségét. Korábbi kutatásaimmal párhuzamosan bebizonyosodott, hogy szükségszerű megismerni ezt a fajta kockázatot, meghatározni a befolyásoló tényezőket, hogy minél magasabb fokú védelmet biztosítsunk a potenciális veszélyekkel és katasztrófákkal szemben.

A helytelen földhasználat következtében, a nagy felületű, növénytakarás nélküli, áthatolhatatlan felszínek miatt a városi területek jelentős része árvíz-kockázati szempontból veszélyeztetett. A zöld területek elvesztése mind a városon belül, mind kívül veszélyezteti a biodiverzitást, valamint a városban élők életminőségét [1].

A földhasználat miatt bekövetkező változások (domborzat és a felületek módosulása), a táj antropogén megváltozása (felgyorsuló és növekvő infrastrukturális beruházások) hatással lesznek a domináns lefolyást generáló folyamatokra. A városi árvíz-gazdálkodás jövőbeli gyakorlata az innovatív védelmi intézkedések kifejlesztésén és végrehajtásán fog alapulni, és amely gyakorlatban a térben növekvő igények, a lehetséges klímaváltozási következmények és a magas fokú biztonsági előírások teljes egészében integrálódnak [17].

## **5. A ZÖLD INFRASTRUKTÚRÁK SZEREPE A VÁROSI LEFOLYÁS-SZABÁLYOZÁSBAN**

Tekintettel a földhasználat miatt bekövetkező domináns lefolyást generáló folyamatokra vizsgálni kezdtem a városi lefolyás-szabályozás körülményeit és a lehetséges megoldások mibenlétét.

A megváltozott városi földhasználat, az urbanizációs növekedés vitathatatlanul a legnagyobb változást a csapadékból származó lefolyás eltérő mennyiségében és a lefolyó víz minőségében idézi elő. A jelenlegi települési földhasználati gyakorlat miatt a városokban előregedő műszaki struktúrájú, túlterhelt csatornahálózatok találhatók, sürgető csapadékvíz elvezetési és kezelési problémákkal. A klímaváltozásnak köszönhető megnövekedett csapadéktevékenység és az áthatolhatatlan városi felületek számának növekedése a katasztrófális károk kockázatának növekedését jelenti a városi területeken. Igényként merül fel a beépített területekről történő csapadéklefolyás mértékének csökkentése. A jelenkori településtervezés szabályozása



megkívánja a csapadékvizekkel való ésszerű gazdálkodást (a keletkezés helyén történő tárolást és felhasználást). A zöld infrastrukturális megoldások ennek az integrált megközelítési módnak egyfajta kulcs elemei. A zöld infrastruktúrák csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában és ezzel együtt a városi árvizek eliminálásában betöltött szerepére koncentrálva a kutatásom során beigazolódott, hogy a zöld infrastruktúra gyakorlata által csökken a városi árvíz kockázat, követve a fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás koncepcióját, amely a természetes lefolyási viszonyok kialakítására törekszik. A zöld infrastruktúra módszerek javítják vagy helyreállítják a természetes és mesterséges városi területek vízmegőrző képességét, elősegítik a csapadékvíz természetes környezetben történő hasznosulását, szabályozott módon beszivároztatva a talajba vagy a felszín alatti vizekbe, tehermentesítve az öregedő városi csatornarendszereket (amelyek számára egyre nagyobb kihívást jelent a megváltozott eloszlású esőzések kezelése) alkalmazkodva az éghajlatváltozás hatásaihoz.

## **6. A VÍZIKÖZMŰ INFRASTRUKTÚRA MODELLEZÉSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA**

A városi vízi infrastruktúra átfogó adaptációjához nélkülözhetetlen a városfejlesztés dinamikájának részletes szimulációja. A hagyományos tervezési és gazdálkodási gyakorlatok a városhoz kapcsolódó integratív megközelítések felé mozdulnak el, de ezzel egyidejűleg figyelembe kell venni a társadalmi változásokat is. A megfigyelések mellett elengedhetetlen a különböző csapadékviszonyokból származtatható, a városi víziközmű infrastruktúra rendszerek viselkedését leíró szimulációs vizsgálatok elvégzése, melyek az adott infrastruktúra rendszer heves esőzésekből származó túlterhelését illetően képesek a csatornahálózaton keresztüli áramlásokra is pontos becsléseket adni. Ez vezetett a további kutatásokhoz, melyek során vizsgáltam a víziközmű infrastruktúra modellezési lehetőségeit a települési víziközmű infrastruktúrák szempontjából, illetve további kutatásokat végeztem a városi lefolyás vizsgálatát illetően. Igazodva az átfogó kutatási célomhoz a városi árvíz kockázat mennyiségi meghatározását illetően a későbbiekben modellezni kívánom a városi területeken fennálló hidrológiai és lefolyási viszonyokat a különböző éghajlat-változási scenáriókra vonatkozó modellfuttatások által. A modellfuttatások eredményei alapján kívánok javaslatot tenni, hogy



miként alakítsuk ki a legköltséghatékonyabb és legjobban alkalmazható megoldásokat, miként valósítható meg az áradások káros hatásainak megelőzésére és a kockázat csökkentésére vonatkozó a kritikus infrastruktúrák védelmét biztosító stratégia. A városi árvizek változatos és összetett áramlási folyamatokkal jellemezhetők, a modellek bevonásával a tervezés kiterjeszhető egy teljes rendszer (városi kisvízgyűjtő) átfogó vizsgálatává. A települési árvíz-kockázat-kezelés támogatásához nélkülözhetetlen a víziközmű infrastruktúra modellezési lehetőségeinek, sajátosságainak feltárása és vizsgálata (lefolyási útvonalak, alacsony kockázati zónák, kapacitások stb.), melyek eredményei hasznos információval szolgálnak a szakemberek számára. Elengedhetetlen a különböző csapadékviszonyokból származtatható, a városi víziközmű infrastruktúra rendszerek viselkedését leíró szimulációs vizsgálatok elvégzése, melyek képesek a csatornahálózaton keresztüli áramlásokra is pontos becsléseket adni. A városi lefolyást illető további kutatásaim rávilágítottak, hogy a vízzáró felületek magas aránya, a csatornarendszerek rendszerek szállítóképességének elégtelen volta meggyorsítja a településekre lehulló csapadékvíz összegyülekezését és a lefolyást, miközben a csökken beszivárgás (és a csökken felületi tározódás). A megfigyelések mellett elengedhetetlen a különböző csapadékviszonyokból származtatható, a városi víziközmű infrastruktúra rendszerek viselkedését leíró méréseken alapuló szimulációs vizsgálatok elvégzése, melyek az adott infrastruktúra rendszer heves esőzésekből származó túlterhelését illetően képesek a csatornahálózaton keresztüli áramlásokra is pontos becsléseket adni. Ezek az információk az árvíz-védekezési intézkedések rangsorolása miatt fontosak, segítenek a vízgazdálkodási szakembereknek, a várostervezőknek, a döntéshozóknak a tervek leszűkítésében a reziliens árvíz-gazdálkodási stratégiai tervek kifejlesztésében.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Eddigi kutatásaimban vizsgáltam a reziliencia jelenségét, melyről megállapítható, hogy a reziliencia stratégiája nem az árvizek megelőzésére koncentrál, mindinkább a károk elkerülésére és az árvíz utáni mielőbbi helyreállításokra, és amely a környezet és a kockázat közötti kapcsolatot kutatja. Foglalkoztam az árvíz-kockázattal, kockázat-kezeléssel mellyel kapcsolatban egyre inkább elterjedt az a felismerés miszerint az árvíz-kockázat értékelést integrálni kell más vízgyűjtő-gazdálkodási célokkal, és hogy a kockázatkezelést integrált



módon, a szerkezeti és nem szerkezeti intézkedéseket kombinálva, komplexen kell megvalósítani. Az árvíz kockázatának megértése és számszerűsítése nagyon fontos a reziliens árvízi kockázatkezelési stratégiák kialakítása szempontjából. Egy reziliens stratégia alkalmazásával elkerülhetjük a városi környezetben esetlegesen bekövetkező katasztrófális helyzeteket. Vizsgáltam a kockázatnak a kritikus vízi infrastruktúrákra gyakorolt hatásait.

A kritikus vízi infrastruktúrák működőképessége elengedhetetlen a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához, amely ellátás hiánya jelentős következményekkel járna. Az integrált és koherens éghajlat-változási, alkalmazkodási és mérséklési kockázatkezelési stratégia kialakításában a földhasználat kulcsfontosságú tényező. Bebizonyosodott, hogy a helytelen földhasználat következtében, a nagy felületű, növénytakarás nélküli, áthatolhatatlan felszínek miatt a városi területek jelentős része árvíz-kockázati szempontból veszélyeztetett. Ezzel kapcsolatban vizsgálatokat folytattam a zöld infrastruktúra megoldásokat illetően, vizsgáltam a városi területek lefolyás-szabályozásában, illetve az árvíz-kockázat csökkentésében betöltött szerepüket. Ezt követően tanulmányoztam a víziközmű infrastruktúra modellezés lehetőségeit a települési víziközmű infrastruktúrák szempontjából.

Eddigi kutatásaim alapján megállapítható, hogy szemléletváltásra van szükség a települési csapadékvíz megítélését illetően. A megfelelő települési csapadékvíz-gazdálkodási stratégia segít a klímaváltozással szembeni reziliencia kialakításában. A jövőben felül kell vizsgálni tervezési alapelveket a csapadéktervezési alapok megújítása által (figyelemmel a vízgyűjtő egészének az adottságaira, különös tekintettel a klímaváltozás következményeire), illetve a vizsgálni kell a belterületi csapadékvíz elvezetés jogszabályi háttérével is. Be kell építeni az önkormányzatok településfejlesztési tervezésébe a zöld infrastruktúra stratégiát elősegítve a csapadékvíz helyben tartását, hasznosítását a különböző ösztönző díjképzési rendszer bevezetése mellett.

Ezek a szempontok alapozzák meg a fejlesztések lehetséges irányvonalait, melyeket a kockázat mennyiségi meghatározására kívánok fordítani a városi kisvízgyűjtő területén történő lefolyások, és az ún. városi árvizek történéseinek modellezéséhez. A modellezés során végezhetőek el azok a hatékonysági számítások, amelyek meghatározzák a kockázati beavatkozások prioritási sorrendjét, elősegítik az új tervezési módszertan kidolgozását. A különböző éghajlat-változási scenáriókra vonatkozó modellfuttatások által kívánom a városi területeken fennálló hidrológiai és lefolyási viszonyokat elemezni.



## HIVATKOZÁSOK

- [1] Mrekva László: A földhasználat szerepe a városi árvízi kockázatkezelésben - Magyar Hidrológiai Társaság XXXII. Országos Vándorgyűlése (Szeged, 2014. július 2-4.) A Vándorgyűlés dolgozatai: ISBN 978-963-8172-32-7
- [2] Dr. Harkányi Kornél: Az éghajlatváltozás hatása az árvízhelyzetre és a VAHAVA projekt javaslatai Magyar Hidrológiai Társaság XXV. Országos Vándorgyűlése, 1. 1-5.
- [3] COM(2009) 147 final: Fehér Könyv, Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé, 3. 1-20.
- [4] COM(2013) 216 final: A Bizottság Közleménye Az Európai Parlamentnek, A Tanácsnak, Az Európai Gazdasági És Szociális Bizottságnak És A Régiók Bizottságának Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia 2. 1-13.
- [5] COM(2013) 216 final: A Bizottság Közleménye Az Európai Parlamentnek, A Tanácsnak, Az Európai Gazdasági És Szociális Bizottságnak És A Régiók Bizottságának Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia 6-7. 1-13.
- [6] Mrekva László: Városi árvízi kockázatkezelés - Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. ORSZÁGOS VÁNDORGYŰLÉS, Baja 2009. július 1-3.
- [7] Mrekva László: A városi árvizek hatásának vizsgálata a kritikus víziközmű infrastruktúra rendszerekben, II. Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia, Baja 2019. november 20.
- [8] Mrekva László: A kockázatkezelés, mint a reziliens városi árvízgazdálkodás hatékony eszköze - Magyar Hidrológiai Társaság XXXII. Országos Vándorgyűlése (Szeged, 2014. július 2-4.), A Vándorgyűlés dolgozatai: ISBN 978-963-8172-32-7
- [9] Kaiser Tamás et al.: HELYI KÖZPOLITIKA, A helyi közpolitika fejlesztése az önkormányzatok működésében Dialóg Campus Kiadó, Budapest 2018. pp 135. (1-360), ISBN 978-963-498-227-2 (elektronikus)).





- [10] Bukovics et al.: Fenntarthatóság. In Kaiser Tamás – Kis Norbert (szerk.) A jó állam mérhetősége. Tanulmányok. Budapest, Nemzeti Közsolgálati Egyetem. 2014: 148. 141-166.
- [11] Abhas K. Jha, Todd W. Miner, Zuzana Stanton-Geddes: Building Urban Resilience: Principles, Tools, and Practice,” Directions in development: environment and sustainable development;. World Bank, License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0, Washington DC, 2012. 1. 1-180.
- [12] Expert Management Consulting Kft.: A hazai víz- és csatornamű- üzemeltetési piac feltárása, a víz- és csatornaközművek árazási, árszabályozási gyakorlatának vizsgálata - A magyarországi piac szerkezetének elemzése, a hatósági árak kialakulási folyamatának, módszertanának vizsgálata, pp 4 (1-124)
- [13] Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz), A magyar víziközmű ágazat bemutatása - átfogó tanulmány 2. kiadás, 2015. augusztus, pp.10-14 (1-86)
- [14] Szilágyi János Ede: A vízágazat létfontosságú rendszereinek biztonságpolitikai védelme és a magyar vízjog, Publicationes Universitatis Miskolcensis Sectio Juridica et Politica, Tomus XXXIII (2015), pp. 354–366.
- [15] Berek Tamás, Rácz László István, VÍZBÁZIS MINT NEMZETI LÉTFONTOSSÁGÚ RENDSZERELEM VÉDELME, Hadmérnök, VIII. Évfolyam 2. szám, 2013. június, pp. 5 (1-14)
- [16] ClimateXChange, Scotland's centre of expertise connecting on climate change research and policy, „Indicators and trends Monitoring climate change adaptation,” pp 1. (1-7), 31/03/16.
- [17] Genovese, Elisabetta. (2006). A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study.

**Mrekva László** mesteroktató

Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, Víz-és Környezetbiztonsági Tanszék,  
[mrekva.laszlo@uni-nke.hu](mailto:mrekva.laszlo@uni-nke.hu)

László Mrekva Master teacher

University of Public Service, Faculty of Water Sciences, Department of Water and Environment Security

[orcid.org/0000-0001-8855-8743](https://orcid.org/0000-0001-8855-8743)