

A városi árvizek hatásának vizsgálata a kritikus víziközmű-infrastruktúra-rendszerekben

Bevezetés

A változó éghajlat az életünk szinte minden területét befolyásolja. A hevesebb és gyakoribb esőzések a világ számos részén gyakori és jelentős áradásokat okoznak. Az elmúlt években lezajlott heves esőzések által indukált árvizek okozta veszteségek jelentősen megnövekedtek a városi területeken. Tovább rontotta ezt a helyzetet az árvíz járt területeken megnövekedett gazdasági tevékenységek jelenléte. A népességnövekedés, a városiasodás, a környezetszennyezés és az éghajlatváltozás hatásai pedig súlyos terhet rónak a vízkészletekre és annak minőségére.

A globális változások, főként az időjárási jelenségek szélsőségesessé 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 működésében és a különböző infrastruktúra-szolgáltatásokban, ezzel veszélybe sodorva a település gazdasági működőképességét és a társadalmi szükségletek kielégítését. A biztonságpolitikai védelmi igazgatási feladatok és a jövőbeli intézkedések meghatározása során fel kell készülni kritikus helyzetekre, alternatívák kialakítására.

A cselekvés terén különböző intézkedéseket kell foganatosítanunk az árvízveszély és a vízkárok minimálisra csökkentése érdekében [1].

A vízellátás sajátosságait mind fogyasztói, mind szolgáltatói oldalon meghatározzák a települési környezet adottságai [2]. Egy város vízgazdálkodása nem csupán a lakossági vízellátó rendszereket jelenti, hanem az éghajlatváltozás, a városok terjeszkedése és a vízgyűjtők átalakulása következtében egyre gyakoribbá és pusztítóbbá váló árvizeknek a kezelését is. Sajnos a városi árvizeket illető ismereteink még hiányosak, azok mértékéről és következményeiről korlátozott információ áll rendelkezésre, és nagyon kevés az árvizek következményeinek kezelésére irányuló olyan intézkedések száma, és az olyan tervek kidolgozottsága, amelyek képesek kezelni a problémákat, még mielőtt azok tovább súlyosbodnának. Az árvíz kockázatokkal kapcsolatos információk nélkülözhetetlenek a kritikus infrastruktúrákat fenyegető múltbeli, jelenlegi és jövőbeli áradások általi sebezhetőség megbecsüléséhez [3].

A városok olyan összetett rendszerek, amelyekben sokféle, különböző tudományág képviseli magát, sok egymástól kölcsönösen függő kritikus infrastruktúraelemmel és feladatkörrel. Éppen ezért az *urbanizált területek* egyik legnagyobb *biztonságpolitikai kockázatát a kritikus infrastruktúrák védelme* jelenti. A dolgozat központi koncepciója vizsgálni ennek a kockázatnak a *kritikus vízi infrastruktúrákra gyakorolt hatásait*.

Jogszabályi háttér

Az alábbiakban a víziközmű- és a kritikusinfrastruktúra-szektor szabályozási környezetének áttekintésére kerül sor. 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), amely tartalmazza az állami és önkormányzati feladatokat, valamint a víziközművek üzemeltetésére vonatkozó előírásokat, magában foglalja a vizek hasznosításával, illetve hasznosítási lehetőségeinek megőrzésével és kártételeinek elhárításával összefüggő alapvető jogokat és kötelezettségeket [4]. A víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény (Vksztv.) hatálybalépésével azonban már sektorspecifikus jogszabály határozza meg a víziközmű-szolgáltatók engedélyköteles alaptevékenységeinek körét [5 p14]. 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 [5 p10].

Magyarország a *Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programjáról szóló 2080/2008. (VI. 30.) Korm. határozat* alapján a kritikus infrastruktúrák közé sorolja a víziközmű-szolgáltatást (ivóvízszolgáltatás, szennyvízelvezetés és -tisztítás), valamint a *létfonosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény* (amelynek végrehajtási szabályait a 65/2013. végrehajtási rendelet tartalmazza) 15. § (3) bekezdés alapján 2014. január 1-i hatállyal a víz ágazatra, mint létfonosságú infrastruktúra-elemre kiterjesztette a védelem körét [6] (1. ábra).

A 2012. évi CLXVI. törvény 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 [7].

	A	B
	ÁGAZAT	ALÁGAZAT
26	Infokommunikációs technológiák	internet-infrastruktúra és internethozzáférés-szolgáltatás
27		vezetékes és vezeték nélküli elektronikus hírközlési szolgáltatások, vezetékes és vezeték nélküli hírközlő hálózatok
28		rádiós távközlés
29		úrtávközlés
30		műsorszórás
31		postai szolgáltatások
32 *		kormányzati elektronikus információ rendszerek
33	Víz	ivóvíz-szolgáltatás
34		felszíni és felszín alatti vizek minőségének ellenőrzése
35		szennyvízelvezetés és -tisztítás
36		vízbázisok védelme
37		árvízi védművek, gátak
38-40 *		
41	Közbiztonság – Védelem	rendvédelmi szervek infrastruktúrái
42	Honvédelem	honvédelmi rendszerek és létesítmények

1. ábra: 2012. évi CLXVI. törvény 3. melléklet (a szerző)

Egyéb, a létfontosságú infrastruktúrákra vonatkozó szabályozás a *létfontosságú vízgazdálkodási rendszerelemek és vízellátási létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről* szóló 541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet, amely szerint:

2. § (1) Az ivóvíz-szolgáltatás területén nemzeti létfontosságú rendszerelemként kell azonosítani

a) a felszíni ivóvízbázisként üzemeltetett tározót 2,5 millió m³ összes tározó térfogat felett, a felszíni és felszín alatti vízbázisra telepített víztisztító művet, ha a vízjogi üzemeltetési engedélyben rögzített kapacitása meghaladja a 25 000 m³/d szolgáltatott ivóvízmennyiséget;

b) az ivóvíztároló medencét, ha térfogata meghaladja a 25 000 m³ értéket.

(2) A szennyvízelvezetés és -tisztítás területén nemzeti létfontosságú rendszerelemként kell azonosítani azt a szennyvíztisztító telepet, amelynek kapacitása meghaladja a 250 000 lakos-egyenérték szennyezőanyag-terhelést, és működésképtelenné válása a felszíni víz jelentősen kedvezőtlen állapotát eredményezi.

(3) Vízkárelhárítás területén nemzeti létfontosságú rendszerelemként kell azonosítani

a) az egyes kiemelt jelentőségű vízellátási létesítmények rendszeres műszaki megfigyeléséről szóló miniszteri rendeletben meghatározott vízellátási létesítményt, ha annak

aa) hirtelen tönkremenetele a folyók medrében visszafordíthatatlan változást idézne elő és olyan rendkívüli árhullám kialakulásához vezetne, amely töltésszakadás veszélyével fenyeget,

ab) működésképtelenné válása a térségi vízellátást és ezáltal az adott térség lakosságának ivóvízellátását veszélyeztetné,

ac) üzemszerű működése hiányában a hatásterületére eső NATURA 2000 területek természeti értékei jelentős mértékben károsodnának, vagy

ad) működésképtelensége a hazai vízrendszerek közötti vízátvétel hiányában a mezőgazdasági vízszolgáltatást veszélyeztetné;

b) az elsőrendű árvízvédelmi vízellátási létesítményt, ha

ba) legalább 2000 m³/sec éves középvízhozamú vagy államhatárt is alkotó folyók mentén olyan öblözetet véd, amelyben a kitört víz lokalizálására nincs lehetőség, és a védvonal nincs az előírt méretre kiépítve,

bb) annak hossza és a védett öblözet területének aránya kisebb, mint 1:10 km/km².

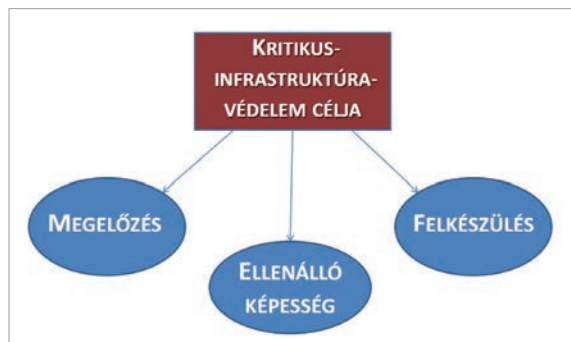
A kritikus infrastruktúra fogalma, a védelem célja

„Az *infrastruktúra* mint fogalom meghatározására a tudományos irodalomban többféle fogalom ismeretes, megközelítésének számtalan felfogása van. Maga a kifejezés főként műszaki jellegű. A magyar szakirodalomban az 1960-as évek után kezdett elterjedni. A legtágabb értelmezés szerint az infrastruktúra fogalmába beletartozik minden, ami az emberi életműködés feltételeit biztosítja, kivéve a termőföldet, míg az ennél szűkebb értelmezések az egyes kommunális szolgáltatásokat sorolták e körbe, vagy ahogyan Kőszegfalvi György – a településügy szakértője – rámutatott, a háttérhálózatok, illetve háttér ágazatok kifejezéssel próbálták leírni annak tartalmát. *Kőszegfalvi György az infrastruktúrát olyan összefüggő rendszerként kezelte, amely közvetlenül segíti elő a települések fejlődését és a humán életkörülmények javítását.*” [8 p4]

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 kritikus infrastruktúra védelem célja a kritikus infrastruktúra zavaraira vagy megsemmisülésére való felkészülés, az ezekkel szembeni védelem, az arányos és szükséges reagálás és a helyreállítás.” [9 p167] (2. ábra)



2. ábra: A kritikusinfrastruktúra-védelem célja [10] (a szerző)

Az infrastruktúra-fejlesztés körében létrejött ágazatközi koordinációt igénylő együttműködések alapján hirdették ki a Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programját [8].

A kritikus infrastruktúra fogalmára az alábbi nemzetközi meghatározásokat találtam:

- A kritikus infrastruktúra olyan rendszerek, hálózatok és eszközök összessége, amelyek folyamatos működése nélkülözhetetlen egy adott nemzet, gazdaság, valamint a lakosság biztonságának és a közegészségügy ellátásának biztosításához [11].
- A kritikus infrastruktúra „olyan eszközökből, rendszerekből és hálózatokból áll, amelyek lehetnek akár fizikaiak, akár virtuálisak, olyannyira létfontosságúak, hogy bármelyikük akadályoztatása, cselekvésképtelensége vagy megsemmisítése negatívan hatna az állam-biztonságra, a nemzetgazdaság biztonságára, a nemzeti közegészségügyre vagy annak biztonságára, vagy ezek bármilyen kombinációjára” (Egyesült Államok Belbiztonsági Minisztériuma – DHS szerint) [12].
- A kritikus infrastruktúra vagy a kritikus nemzeti infrastruktúra olyan kifejezés, amellyel a kormányok olyan fizikai, nem fizikai és számítógépes erőforrásokra vagy eszközökre és rendszerekre utalnak, amelyek nélkülözhetetlenek a kormányzati műveletek fenntartásához, valamint a társadalom és a gazdaság minimális működéséhez [13].
- A kritikus infrastruktúra olyan folyamatokra, rendszerekre, létesítményekre, technológiákra, hálózatokra, eszközökre és szolgáltatásokra vonatkozik, amelyek nélkülözhetetlenek az egészségbiztonság, a közbiztonság vagy gazdasági jólét, illetve a kormány hatékony működése szempontjából. A kritikus infrastruktúra területi hatáskörét tekintve lehet önálló, összekapcsolt és egymástól kölcsönösen függő, függetlenül attól, hogy országhatáron belül helyezkedik el, vagy azon átnyúlik. A kritikus infrastruktúra meghibásodása olyan katasztrófális veszteségeket okozhat, amelyek kedvezőtlen gazdasági következményekkel járhatnak, és szignifikánsan hatnak a közbizalomra [14].
- Kritikus infrastruktúraelemek, amelyek elvesztése vagy veszélyeztetése az alábbiakat eredményezheti:

- jelentősen káros hatása van az alapvető szolgáltatások elérhetőségére, integritására, ellátására – ideértve azokat a szolgáltatásokat is, amelyek biztonságának sérülése, kiesése jelentős mértékű elhalálózashoz vagy betegségekhez vezethet – figyelembe véve a gazdasági vagy társadalmi hatásokat; és/vagy
 - jelentős hatással van a nemzetbiztonságra, a honvédelemre vagy az állam működésére [15].
- A kritikus infrastruktúra olyan eszköz vagy rendszer, amely nélkülözhetetlen a létfontosságú társadalmi funkciók fenntartásához. A kritikus infrastruktúra károsodása, megsemmisítése vagy megzavarása természeti katasztrófák, terrorizmus, bűncselekmény vagy rosszindulatú magatartás esetén jelentős negatív hatással lehet a biztonságra és a polgárok jólétére [16].
 - Azok a fizikai eszközök, ellátási láncok, információs technológiák és kommunikációs hálózatok, amelyek megsemmisülése, leromlása vagy hosszabb ideig történő rendelkezésre nem állása jelentősen befolyásolja a nemzet társadalmi vagy gazdasági jólétét, vagy befolyásolja a nemzetvédelmi képességét, a nemzet biztonságát [17].
 - Az Európai Unió Tanácsának az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről szóló 2008/114/EK (2008. december 8.) irányelve alkalmazásában:
 - „Kritikus infrastruktúra”: a tagállamokban 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 valamely tagállamban;
 - „Európai kritikus infrastruktúra” vagy „ECI”: a tagállamokban található olyan kritikus infrastruktúra, amelynek megzavarása vagy megsemmisítése jelentős hatással lenne legalább két tagállamra. A hatás jelentőségét a horizontális kritériumok alapján kell értékelni. Idetartoznak azok a hatások is, amelyek az egyéb típusú infrastruktúrákkal fennálló, ágazatokon átnyúló kölcsönös függőségből erednek.

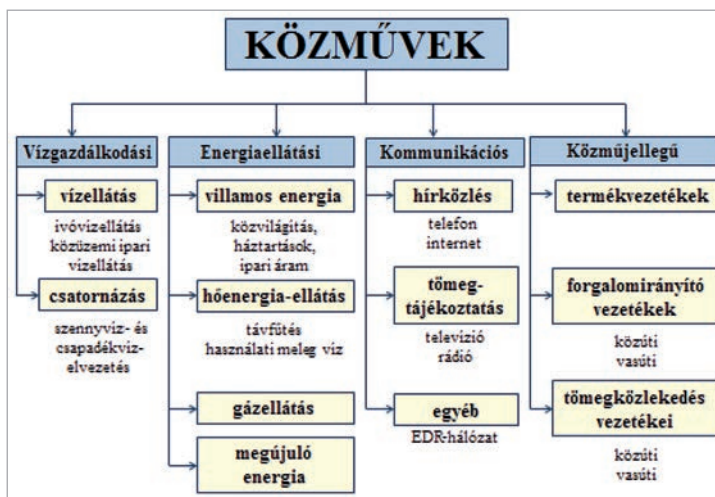
A víziközmű mint kritikus infrastruktúra

Mint azt korábban említettem, a 2080/2008. (VI. 30.) Korm. határozat *a kritikus infrastruktúrák közé sorolja a víziközmű-szolgáltatást*. A közmű kifejezés gyűjtőfogalom, amely a települések lakóinak közszolgáltatásokkal szembeni igényeit hivatott kielégíteni. A *közművek csoportosítása* szempontjából jelen dolgozat a rendeltetés szerinti besorolást, azon belül is a vízgazdálkodási szempontokat vizsgálja (3. ábra). A közművek fogalma és sajátosságai több ponton jelentős párhuzamokat és azonosságokat mutatnak a kritikus infrastruktúrák meghatározásával [10 p27]. A víziközművek üzemeltetésének kérdése európai szinten is kiemelt fontossággal bír, ezt jelzi, hogy a 2000-ben kiadott *Víz Keretirányelvben közös európai uniós irányvonalakat* jelöltek ki [4 p4]. A víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény 2. § 20. bekezdése szerint *a víziközmű: olyan közcélú vízellátási műveltség, amely „a) település vagy települések közműves ivóvízellátását, ezen belül az ivóvíztermelést, az ehhez kapcsolódó ivóvízbázis-védelmet, az ivóvízkezelést, -tárolást, -szállítás és -elosztást, felhasználási helyekre történő eljuttatást, mindezekhez kapcsolódóan a tűzvíz biztosítását vagy b) a közműves szennyvízelvezetés során (egyesített rendszer esetén a csapadékvíz-elvezetést is ideértve) a szennyvíz felhasználási helyekről történő*

összegyűjtését, elvezetését, tisztítását, a keletkező szennyvíziszap kezelését és a *tisztított szennyvíz hasznosítását, elhelyezését szolgálja*”.

A *közfoglaltatásokkal szembeni követelmények* az alábbiakban foglalhatók össze [18 p60]:

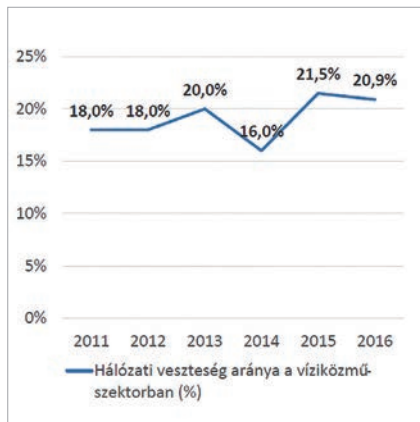
- általános hozzáférhetőség (minden európai állampolgár jogosult igénybe venni);
- szolgáltatás folyamatos nyújtása (a szolgáltatást rendszeresen minden állampolgár részére nyújtani kell);
- szolgáltatás magas minősége (a minőséget befolyásoló tényezők meghatározása);
- szolgáltatások folyamatos monitoringja és értékelése (az értékelést jogi, gazdasági, műszaki, szociális és környezetvédelmi szempontból kell végezni);
- reális ár (a szolgáltatást az érintettek számára megfizethető áron kell biztosítani, csak az indokolt költségeket lehet elszámolni, és „elfogadható észszerű nyereséggel” lehet számolni);
- szolgáltatás biztonsága (a lehetséges veszélyek, katasztrófák elleni magas fokú védekezés biztosítása);
- átláthatóság (egyrészt a fogyasztók tekintetében áll fenn a szolgáltatás nyújtásának rendjéről, másrészt a közfoglaltatást ellátó vállalkozás és az állam/önkormányzat közötti kapcsolatra vonatkozik);
- megfelelő fogyasztóvédelem (a panaszok elbírálására eljárási rend kialakítása, kikényszerítő jogi eszköz biztosítása).



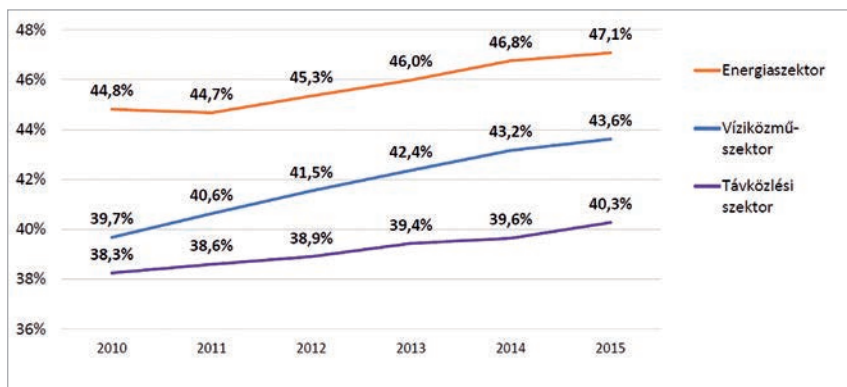
3. ábra: Közművek rendeltetés szerinti csoportosítása [10 p27] (a szerző)

A víziközmű-infrastruktúrát az emberi lét szempontjából az egyik legfontosabb kritikus infrastruktúrának tekintik a világon [19]. Globálisan naponta több millió liter tiszta ivóvizet veszítünk a szivárgó csövek és nem megfelelő víziközmű-infrastruktúra következtében. Ez a fajta veszteség Magyarországon is kimutatható (4. ábra). A városok kontroll nélküli terjeszkedése (amely azt is jelenti, hogy a város növekedésével együtt nő az igény a tiszta vízre és a szennyezett víz elvezetésére), a koordinálatlan települési vízgyűjtő-gazdálkodás, az előregedett és gyakran alulméretezett infrastruktúra-rendszerek, amelyek a meglévő csatornarendszereken keresztül már képtelenek fenntartható módon elvezetni az intenzív esőzések (amelyek száma növekszik)

okozta vízfelesleget, mind hozzájárul az extrém városi árvizek kialakulásához. A hirtelen fellépő és tartós árvizek okozta veszteségek különösen az olyan területeken okoznak problémát, ahol a csapadékvíz-infrastruktúra romlása, a népesség növekedése és a fejlődés az elmúlt néhány évtizedben felgyorsult.



4. ábra: A hálózati veszteség a víziközműszektorban [20]¹ (forrás: a KSH adatai alapján a REKK szerkesztése)



5. ábra: Az infrastruktúrák állapota – az eszközök előregedettsége [20]² (forrás: a KSH adatai alapján a REKK szerkesztése)

Magyarországon a víziközműszektor teljesítménye és állapota inkább romló tendenciát mutat összességében (5. ábra, 1. táblázat). A szennyvízhálózat kiépítettsége gyors ütemben nő, a szol-

¹ „A hálózatos infrastruktúrák hatékonyságát a hálózati veszteség fejezi ki legjobban. A hálózati veszteség a víziközmű ágazatban emelkedő trendet mutat, ami összhangban van az előregedettségi mutató gyors emelkedésével.”

² „Az eszközök előregedése jelzi, hogy a teljes rendelkezésre álló eszközérték egyre nagyobb része került már (legalább számvetési szempontból) leírásra, miközben az eszközmegújítási ráta csak alig változott az évek során. Jelenleg tehát egy negatív tendenciát látunk, a hálózatok átlagos állapota a számok alapján romlik.”

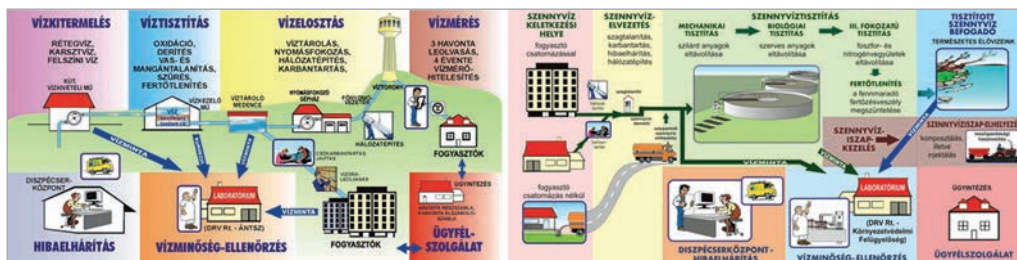
gáltatások megfizethetősége pedig javul, de az infrastruktúra állapota és hatékonysága mellett a közvetlenül érzékelhető eredménymutatók többsége is romlik (több meghibásodás, romló vízminőség, növekvő környezetszennyezés) [20].

Az újkori városok vízgazdálkodása az infrastrukturális beruházások, a technológiai fejlesztések miatt összetett, új kihívásokkal terhelt. Ezeknek a kihívásoknak úgy lehetne megfelelni, hogy „egyrészt jogszabályokkal, másrészt gazdasági ösztönzőkkel lehetne »víztudatos« irányba terelni a beruházókat, hogy már a terület kiválasztásánál gondolkodjanak el a csapadékvíz kezeléséről” (Dr. Bíró Tibor).

Indikátor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Trend
Az infrastruktúra állapota és hatékonysága									
Elsődleges közműháló (szennyvíz/ivóvíz hálózatra, m/km)	655	633	657	668	683	723	752	–	javul
Eszközök előregedettség (leírt/bruttó eszközök)	39,7%	40,6%	41,5%	42,4%	43,2%	43,6%	–	–	romlik
Munkatermelékenység (hozzáadott érték, m Ft/fő)	8,4	8,7	8,8	7,9	7,0	7,2	7,3	–	romlik
Hálózati veszteség	–	18%	18%	20%	16%	22%	21%	–	romlik

1. táblázat: A víziközműszektor kulcsindikátorai [20] (a szerző)

A városi lakosságot ivóvízzel ellátó infrastruktúra-hálózatnak minden más ágazaténál jobb minőségűnek kell lennie, hiszen a víz az egyik legfontosabb élelmiszer. Az ivóvíz mellett nagy hangsúlyt kell fordítanunk a szennyvízre,³ amit a csatornarendszerben gyűjtenek össze, majd megfelelő tisztítás után az elhasznált víz a megfelelő víziközmű-infrastruktúrákon keresztül kerül vissza a természetbe (6. ábra).



6. ábra: Az ivóvízellátási és szennyvízkezelési lánc (forrás: DRV Zrt.) [4 p13]

A korszerű víziközmű-infrastruktúrahálózatokat végtelen csőrendszerek alkotják, amelyek idővel tönkremennek, megrepednek, és a víz elfolyik. A víziközmű-infrastruktúrák üzemeltetése szempontjából nagyon fontos a szivárgások kezelése, víztakarékosságra ösztönző árképzési politikák bevezetése, víztakarékos eszközök használata. Ezekre a potenciális megtakarításokra

³ „A települési szennyvízkezelés technológiája akkor működik megfelelően, ha nem hígítják a szennyvizet. Nagycsapadékok esetén a szennyvíz így akár tisztátlanul is juthat a befogadóba, nem beszélve a szennyvíz-biológia károsodásáról. Nem csak a családi házakra, hanem a középületekre is érvényes: a tetőn összegyűlt csapadékvizet nem a szennyvíz-csatornahálózatba kell vezetni, hanem lehetőség szerint vissza kell tartani, vagy a külön erre a célra szolgáló elvezető hálózatba kell juttatni.” (Dr. Bíró Tibor)

nemcsak az elérhető vízmennyiségek miatti takarékoskodás, hanem a víziközmű-ellátás biztonságát garantáló egyéb infrastruktúra-elemek megőrzése miatt is szükség van. Amikor az elégséges és biztonságos víziközmű-szolgáltatásról beszélünk, nemcsak a víz elégséges rendelkezésre állását kell megemlíteni, hanem számolnunk kell a túl sok víz katasztrofális következményeivel, amelyek a szektor infrastruktúra elemeit sújtják leginkább. Csökken a víziközmű-csatornahálózatok többletvízfelvevő képessége, fokozódik a város árvízzel szembeni sebezhetősége. Az elmúlt évtizedekben a városok hatalmas pénzüsségeket fordítottak a stabilabb árvízvédelmi rendszerek kialakítására. Felmérték a különböző intézkedések költségeit, a lehetséges műszaki megoldásokat, ami alapján kimutatták, hogy a csatornahálózat továbbfejlesztése önmagában nem oldaná meg a problémákat, mivel a fejlesztések nagyon költségesek lennének, és a tervezett műszaki beavatkozások ellenére a várost mégis elárasztaná a víz. Kimutatták, hogy a vízmegtartásra és a vízelvezetésre összpontosítva elengedhetetlen a zöldinfrastruktúrák szerepének fokozása.⁴

A közműszolgáltatóknak jelentős kihívást és problémát okoz a kiépített rendszerek csökkenő kihasználtsága [5 p13]. Legyen szó tiszta víz zavartalan biztosításáról, szennyvizek tisztításáról, illetve árvízre vagy vízhiányra való felkészülésről, annyi bizonyos, hogy egy nagyváros vízgazdálkodásához jó tervezés és előrelátás szükséges [21].

Az infrastruktúra-tervezés során a mérnökök elsődleges feladata a meghaladási valószínűségek, az egyes elöntési eseményekhez tartozó visszatérési idők és előfordulási gyakoriságok vizsgálata. És mivel nincs olyan árvíz, amelynél nagyobb ne fordulhatna elő, a meghaladási valószínűség egyben a vállalt kockázat is [22 p7].

A biztonsági fenyegetések csökkentését célzó intézkedések hangsúlyozottan fontos eleme kell hogy legyen az üzembiztonságot megalapozó létesítmények, eszközök fizikai védelme [7 p12].

A társadalom az éghajlatváltozás hatásait elsősorban szélsőséges időjárási és éghajlati jelenségeken, például hőhullámokon és aszályokon, heves esőzéseken, az ezekkel együtt járó árvizeken és rendkívül erős szélviharokon keresztül érzékeli [23 p70]. A víz, a csapadék- és szennyvízcsatorna, valamint az árvízvédelmi infrastruktúra megléte alapvető szükséglet bármely város sikeres működéséhez. Ezeken a rendszereken keresztül beleláthatunk abba a folyamatba, ahogy a városok viszonyulnak a természetes környezetükhöz. A jövőbeli városi vízrendszerek megtestesítik azokat a városi tájképhez fűződő elképzeléseket és függőségi viszonyokat, aminek a részesei vagyunk. Mindeközben a városok hidrológiai folyamatai is megváltoznak. Csapadékosabbak lesznek a telek és szárazabbak a nyarak, ez jelentősen kihat a vízellátó és vízelvezető rendszerek működésére (amelyeket viszonylag stabil és állandó havi csapadéokra terveztek), megnő az árvíz kockázat, mialatt jelenlegi árvízvédelmi rendszereink tényleges élettartamuk végére érnek [24]. Ezért a hosszú távú és magas költségvonzatú infrastrukturális projekteket úgy kell megtervezni, hogy képesek legyenek ellenállni az éghajlatváltozás napjainkban megfigyelhető és a jövőben várható hatásainak [25 p11].

⁴ „A nagy intenzitású csapadék kezelésére két megoldás is kínálkozik: egy részét visszatarthatom – például átmeneti tározókban –, illetve minél nagyobb részét beszívárogtathatom a talajba. A zöldfelületek növelésével hatékonyan tudom lassítani a lefolyást, és itt nem csak parkok jöhetnek szóba, de olyan zöld sávok is, amelyek például az útpálya két oldalát választják el egymástól. Felelős vízgazdálkodás nem képzelhető el anélkül, hogy foglalkoznánk a csapadékvízzel.”(Dr. Bíró Tibor)

Az árvizek hatása a víziközmű-infrastruktúrákra

„Magyarországon az árvízvédelemnek különleges helyzete és fontossága van. Az időjárási események halmozódása sokszor vezet természeti katasztrófához, mint például a hosszan tartó esőzések árvizekhez. A hőmérséklet mellett a csapadék a másik legfontosabb jelentőségű időjárási elem. A csapadéktöbblet ismétlődő árvizeket, belvizeket, helyi elöntéseket, egyéb károkat, sőt katasztrófákat is okozhat. A kialakult katasztrófhelyzetek okai a csapadékvíz-elvezető rendszer elégtelensége, az emberi felelőtlenség, az engedély nélküli építkezés, a vízfolyások medrének karbantartatlansága” [26]. A vízkezelést és vízellátást biztosító infrastruktúrák kiszolgáltatott helyzetben vannak az éghajlatváltozás miatti áradások hatásaival szemben [27]. Ugyanis az éghajlati változások miatt kialakuló szélsőséges események kismértékű növekedése is súlyos károkat okozhat az infrastruktúrákban [28], és azért csökkenteni kell az infrastruktúrákra ható, az árvizek általi sebezhetőséget [29], ami tovább nehezíti a tervezők és a vízgazdálkodási szakemberek munkáját.⁵ Az éghajlat ilyen irányú szélsőséges megváltozása a városi területeken bekövetkező fluvialis (folyami) és pluviális (eső okozta) áradások számának növekedését eredményezi [24]. Ezek a városi áradások károkat okozhatnak a víziközmű-infrastruktúra eszközeiben és szolgáltatás (ivóvízellátás, szennyvíz- és csapadékvíz-elvezetés) kiesésével is társulnak. A biztonságos víziközmű-szolgáltatás a társadalom alapvető követelménye, ezért fontos a vízszolgáltatásokkal kapcsolatos kockázatok megértése.

Az árvíz okozta káresemények az egész világon az egyik legjelentősebb példái a katasztrófakockázatnak, és az infrastruktúrákra gyakorolt hatásuk még mindig az egyik legköltségebb [30] gazdasági tényező. A fokozott árvízi veszélyeztetettség azonban nemcsak a múltban, hanem a jelenben is érvényes [31].

Az árvíz mind az egyénekre, mind a közösségekre kihat, és társadalmi, gazdasági és környezeti következményekkel jár. Az árvíz közvetlen következményei között szerepel az emberi veszteség, az anyagi károk, a vízben terjedő betegségek miatti egészségi állapot-romlás,⁶ az egyes gazdasági tevékenységek megszűnése, az infrastruktúrák megsérülése. Az infrastruktúra árvíz általi károsodása különösen az utak, a vasúti hálózatok és a kulcsfontosságú közlekedési csomópontok megsérüléséhez, a vízellátás, a szennyvízkezelés, az elektromos ellátás, a kommunikáció, az egészségügyi ellátás akadozásához, együttesen a normál életvitel megszakadásához vezet, hosszú távon pedig jelentős hatással lehet a nemzetgazdaságra [32].

Az árvíz károsíthatja a létfontosságú infrastruktúrát, és megakadályozhatja az alapvető közszolgáltatásokhoz való hozzáférést, az elárasztott berendezések meghibásodhatnak, az árvíz hordaléka nemcsak a csőhálózatokat károsítja, hanem tökrereszi a technológiai rendszerek szer-

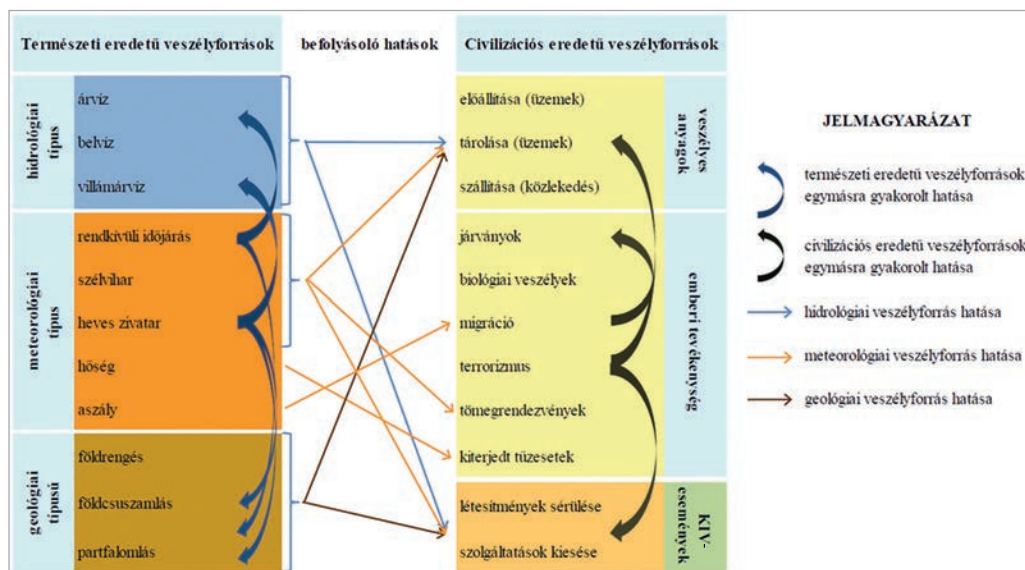
⁵ „A tervezők az elmúlt évtizedek statisztikai adatsorára alapozva dolgoznak, az alkalmazott eloszlásfüggvények már nem a mai valóságot írják le. Amikor a csapadékelvezetés infrastruktúráját tervezzük, nem csak az elmúlt 30 év alapján kell tervezni, hanem azt (is) figyelembe kellene venni, hogy mi várható az elkövetkezendő évtizedekben. A klímaváltozást is figyelembe vevő csapadékmaximum-függvények megújítása, valamint a változó intenzitású méretezés bevezetése olyan feladatok, melyeket minél hamarabb be kell építeni a tervezői gyakorlatba.” (Dr. Bíró Tibor)

⁶ A víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény (a továbbiakban: Vksztv.) előírja, hogy a víziközmű-infrastruktúra állapotának megőrzése céljából az üzemeltetőknek 15 éves időtávra gördülő fejlesztési tervet kell készíteni, amely felújítási és pótlási tervből (rekonstrukció), valamint beruházási tervből áll.

kezeteit, például a különböző átemelőket, az ott található elektromos kiegészítőket, vezérlő- és kapcsolóberendezéseket, amelyek javítása, helyreállítása költséges és időigényes.

A heves esőzések következtében fellépő árvizek miatt kialakuló földcsuszamlások és talajerózió súlyosan veszélyeztethetik a víziközmű-infrastruktúraelemek alapjait. A városi területeken kialakuló árvizek víziközműveket érintő további káros hatása, hogy sok esetben az árvíz visszavonulása előtt a helyreállítások nem kezdhetők meg, amiből kifolyólag szintén jelentős szolgáltatáskiesések keletkezhetnek, jelentős járulékos kiadásokat indukálva (például palackos ivóvíz biztosítása, szivattyúzás stb.).

A városi árvizek miatt különösen az áradások során a kritikus városi infrastruktúra-eszközök károsodása jelentős másodlagos következményekkel járhat, amelyek ugyanolyan súlyosak lehetnek, mint a közvetlen következmények. Például az energiaellátás kiesése akadályozhatja az egész városi közösség egészségügyi szolgáltatásait.



8. ábra: Összefüggések a veszélyforrások egymásra gyakorolt hatásai között [10 p64] (a szerző)

Ezért is alapvető fontosságú, hogy megértsük ezeket a lépcsőzetes hatásokat, valamint a szolgáltatások nyújtásában részt vevő szervezetek és rendszerek közötti kapcsolatokat (8. ábra) [33].

Chiara Arrighi és társai [34] kutatásaik során szintén arra a megállapításra jutottak, hogy az árvíz a vízelosztó rendszerekben a rendszerek meghibásodása miatt közvetlen veszteségeket indukál, például a berendezések károsodását és a csővezetékek szennyeződését, valamint közvetett hatásokat is eredményezhet, mivel ez szolgáltatási zavarokhoz vezethet, és így a hálózat funkcionális függőségein keresztül az eseménytől távol eső populációkat is érintheti.

A városi árvizek veszélyesek lehetnek az emberekre, elpusztíthatják a házakat, beleértve a víz- és a szennyvízkezelési infrastruktúrát, akár az áradó víz ereje miatt, vagy akár egyéb káros hatásai miatt [35 p1], és az árvíz során fokozódik annak kockázata, hogy az ivóvízbázisok az árvízben jelen lévő szennyező anyaggal is szennyeződhetnek [36].

Összefoglalás

„Az infrastruktúra kifejezést a leggyakrabban műszaki értelemben használják. A fogalom használata a nyugati szakirodalomban a negyvenes évek végén, Magyarországon a 60-as években terjedt el. A különböző tudományos iskolák (amerikai, német, volt szocialista országok) megközelítéseit tanulmányozva a legtöbb forrás abban egyetért, hogy az infrastruktúra valamilyen olyan tényező, ami *szükséges előfeltétele gazdasági tevékenységeknek és az emberek együttélésének.*” [37]

A megfelelő infrastruktúra-szolgáltatás fundamentális feladat. *A globális változások, főként az extrém árvízi események változékonysága megnőtt, és ez komoly veszélyeket rejt az infrastruktúra-elemekre nézve.* Napjainkban a városüzemeltetés szempontjából 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.* 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.

A fenntartható gazdasági növekedéshez és a társadalmi jólét növeléséhez nélkülözhetetlen a víziközmű mint infrastrukturális ágazat megfelelő működése. A kritikus infrastruktúra árvíz elleni védelmének fontossága egyértelmű [38]. A városokban a kritikus infrastruktúrák működése szempontjából meghatározó tényező a földrajzi kiterjedésük. A működés szempontjából az extrém árvízi eseményeknek való kitettségük jelenti a legnagyobb kockázatot.

Az elmúlt néhány évtizedben a városi árvízi kockázat iránti érdeklődés folyamatosan növekszik, ahogy az áradások gyakorisága és a városi árvíz okozta károk is. A városi területeken bekövetkező áradások legfőbb okai azok az extrém csapadékesemények, amelyek 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. És ahogy Bíró Tibor fogalmaz: *sűrgető a vízgyűjtő szemléletű csapadékvíz-gazdálkodást támogató adatbázis megteremtése, mely magába foglalja megfelelő részletességű talajtani, hidrológiai és domborzati adatokat* [39].

A megfigyelések mellett elengedhetetlen a különböző csapadékviszonyokból származtatható, a városi víziközmű-infrastrukturarendszerek viselkedését leíró szimulációs vizsgálatok elvégzése, amelyek az adott infrastruktúra-rendszer heves esőzésekből származó túlterhelését illetően képesek a csatornahálózaton keresztüli áramlásokra is pontos becsléseket adni.

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 váljanak rezilienssé.

Az árvíz kritikus infrastruktúrákra gyakorolt kockázatának megértése és számszerűsítése, valamint a vízgyűjtőszintű árvíz kockázat-kezelésre tervezés szempontjából eddig nagyon keveset tettünk.⁷ A kockázatkezelés azonosítja, értékeli és rangsorolja a kockázatokat. A kockázatérté-

⁷ „A jövő tervezőit is meg kell tanítani arra, mire kell figyelniük. A szabványokat korszerűsíteni kell, fejleszteni kell az adatbázisokat, fel kell használni a legkorszerűbb téradatnyerési módszereket, melyek segítségével a beépített területek lefolyási-összegyülekezési folyamatait minden eddiginél pontosabban lehet leírni, modellezni.” (Dr. Bíró Tibor)

kelés a kockázat szintjének meghatározására szolgáló kvalitatív vagy mennyiségi alkalmazás, és egy adott veszélyhez kapcsolódik. Ez a folyamat határozza meg a nemkívánatos esemény valószínűségét és súlyosságát.

Ezek az információk az árvízvédekezési intézkedések rangsorolása miatt fontosak, segítenek a vízgazdálkodási szakembereknek, a várostervezőknek a tervek leszűkítésében, a reziliens árvízgazdálkodási stratégiai tervek kifejlesztésében [40]. A víziközmű mint infrastrukturális ágazat olyan lényeges sajátossággal bír, amelynek a társadalmi jólétéhez direkt és indirekt módon történő hozzájárulása kiemelten lényeges [37].

Az infrastruktúra közvetlen hatással van a személyes és gazdasági jólétünkre. Az infrastruktúra jelentősége közvetlenül arányos az általa 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.

Éppen ezért az árvízi esemény bekövetkezési valószínűségének megértése elengedhetetlen lépés a városi árvíz-kockázat kezelésében [41]. A döntéshozóknak pedig figyelembe kell venni, hogy a létrejött infrastruktúra fenntartását és minőségének megőrzését, pótlását biztosítani kell.

Felhasznált irodalom

1. Európai Környezetvédelmi Ügynökség. Vezércikk – Tiszta víz = élet, egészség, élelem, szabadidő, energia... [Internet]. 2018. október 12. [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: www.eea.europa.eu/hu/jelzesek/eea-jelzesek-2018-viz-elet/cikkek/vezercikk-2013-tiszta-viz-elet
2. Eördöghné Miklós M. A vízi infrastruktúra jellemzőinek vizsgálata kistelepülési térszerkezetben. *Modern Geográfia*. 2014;9(1):19–28.
3. De Bruijn et al. Flood vulnerability of critical infrastructure in Cork, Ireland. *E3S Web Conf.* [Internet]. 2016 [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: <http://publications.deltares.nl/EP3501.pdf>
4. 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. 124 p.
5. Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz). A magyar víziközmű ágazat bemutatása – átfogó tanulmány. 2. kiadás. 2015. augusztus. 86 p.
6. Szilágyi J E. A vízágazat létfontosságú rendszereinek biztonságpolitikai védelme és a magyar vízjog. *Publicationes Universitatis Miskolcensis Sectio Juridica et Politica*. 2015; Tomus XXXIII. 354–366.
7. Berek T, Rác L I. Vízbázis mint nemzeti létfontosságú rendszerelem védelme. *Hadmérnök*. 2013. június;8(2):1–14.
8. Árva Zs. *Infrastruktúra-fejlesztés*. Budapest: Nemzeti Köszolgálati Egyetem Vezető- és Továbbképzési Intézet; 2014. 20 p.
9. Rác L I. Kritikus infrastruktúra védelem hazai és nemzetközi szabályozási rendszere. *Hadmérnök*. 2012. június;7(2):166–172.
10. Bonnyai T. A kritikus infrastruktúra védelem elemzése a lakosságfelkészítés tükrében. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest: Nemzeti Köszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; 2014. 219 p.
11. Critical infrastructure [Internet]. Techtarget Network [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: <https://whatis.techtarget.com/definition/critical-infrastructure>

12. Jensen C. What is Critical Infrastructure and How Should We Protect It? 2019. június 26. [letöltve 2019. november 5.] In: Tenable blog [Internet]. Elérhető: www.tenable.com/blog/what-is-critical-infrastructure-and-how-should-we-protect-it
13. Alfarsi H. Critical Infrastructure: Definition and Examples. 2018. október 22. [letöltve 2019. november 5.]. In: Profolus [Internet]. Elérhető: www.profolus.com/topics/critical-infrastructure-definition-and-examples/
14. Public Safety Canada [Internet]. Critical Infrastructure [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: www.publicsafety.gc.ca/cnt/ntnl-scrtr/crtcl-nfrstrctr/index-en.aspx
15. CPNI [Internet]. Critical National Infrastructure [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: www.cpni.gov.uk/critical-national-infrastructure-0
16. European Commision [Internet]. Migration and Home Affairs. What We Do [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: https://ec.europa.eu/home-affairs/what-we-do/policies/crisis-and-terrorism/critical-infrastructure_en
17. Australian Government Department of Home Affairs [Internet]. The Trusted Information Sharing Network (TISN) [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: www.tisn.gov.au/Pages/Critical_infrastructure.aspx
18. Bártfai Z. Településüzemeltetés. 2011. 108 p.
19. Birkett DM. Water Critical Infrastructure Security and Its Dependencies. Journal of Terrorism Research [Internet]. 2017 [letöltve 2019. november 5.];8(2):1–21. DOI: <http://doi.org/10.15664/jtr.1289>
20. Vékony András. „A hálózatok jövője” workshop Budapest, 2019. március. 06.
21. Európai Környezetvédelmi Ügynökség [Internet]. Közelkép – Víz a nagyvárosban. 2018. október 15. [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: www.eea.europa.eu/hu/jelzesek/eea-jelzesek-2018-viz-elet/cikkek/kozelkep-2013-viz-a-nagyvarosban
22. Benke L. Hidrológiai adatok feldolgozása. „A képzés minőségének és tartalmának fejlesztése” c. kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 projekt. 29 p.
23. Jelentés Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről, tervezet. 80 p. [Internet]. [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: www.kormany.hu/download/1/43/00000/tervezet.pdf
24. Bell S. Water supply, drainage and flood protection. In: Bell S, Paskins J, szerkesztők. Imagining the future city: London 2062 [Internet]. London: Ubiquity Press; 2013 [letöltve 2019. november 22.]. p. 85–93. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/bag.1>
25. 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, 2013. 14 p.
26. Üveges L. A Magyar Köztársaság katasztrófa-veszélyeztetettsége és az arra adandó válaszok. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem; 2002. 142 p.
27. Climate Change [Internet]. Flooding and infrastructure [letöltve 2019. november 5.]. Elérhető: www.climatechange.org.uk/research/indicators-and-trends/buildings-and-infrastructure-networks/flooding-and-infrastructure/
28. Freeman P, Warner, K. Vulnerability of infrastructure to climate variability: How does this affect infrastructure lending policies? Washington: The World Bank; 2001. 40 p.
29. Len NLS, Bolong N, Roslee R, Tongkul F, Mirasa AK, Ayog JL. Flood vulnerability index for critical infrastructure towards flood risk management. ASM Sc. J. 2018;11(3):134–146.
30. Fekete A. Critical infrastructure and flood resilience: Cascading effects beyond water. WIREs Water [Internet]. 2019 [letöltve 2019. november 22.];6(5):1–13. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1370>

31. Dövényi Z. Az árvizek település- és településhálózat formáló hatása a felső-Tisza vidéken, Földrajzi Értesítő. 2005;54(1–2):85–109.
32. Queensland Government Office of the Queensland Chief Scientist [Internet]. What are the consequences of floods? [letöltve 2019. november 22.]. Elérhető: www.chiefscientist.qld.gov.au/publications/understanding-floods/flood-consequences
33. Bax & Company [Internet]. Protecting our critical infrastructure from flood damage: A case study in Bangkok [letöltve 2019. november 22.]. Elérhető: <https://baxcompany.com/insights/protecting-our-critical-infrastructure-from-flood-damage-a-case-study-in-bangkok/>
34. Arrighi C, Tarani F, Vicario E, Castelli F. Flood impacts on a water distribution network. Nat. Hazards Earth Syst. Sci [Internet]. 2017 [letöltve 2019. november 22.];17:2109–2123. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-17-2109-2017>
35. Global WASH Cluster. Lessons learned in WASH Response during Urban Flood Emergencies The Global WASH Learning Project [Internet]. New York: Global WASH Cluster, UNICEF; 2009 [letöltve 2019. november 22.]. 21 p. Elérhető: www.bvsde.paho.org/texcom/desastres/washurbfl.pdf
36. Simcoe Muskoka [Internet]. Drinking water during a flood [letöltve 2019. november 22.]. Elérhető: www.simcoemuskokahealth.org/Topics/SafeWater/drinkingwater/Drinking-water-safety-and-floods#b5e7a8d7-0022-4c9a-9773-284a02238761
37. Vékony A, Dézsi B, Diallo A, Kácsor E. A hazai infrastrukturális ágazatok nemzetgazdasági teljesítményeinek mérése. Tanulmány, 2018.
38. Wheeler H, Evans E. Land use, water management and future flood risk. Land Use Policy [Internet]. 2009 [letöltve 2019. november 22.];26(1):251–264. 26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.019>
39. Podobni István interjúja Dr. Bíró Tibor Dékánal. Változtatnunk kell! Újra kell gondolni a települési csapadékvíz-gazdálkodást. Bonum Publicum. 2018. július;(6):38–40.
40. Pant R, Thacker S, Hall JW, Alderson D, Barr S. Critical infrastructure impact assessment due to flood exposure. Journal of Flood Risk Management – Special Issue: Land for Flood Risk Management. A catchment-wide and multi-level perspective [Internet]. 2016 [letöltve 2019. november 22.];(11):22–33. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfr3.12288>
41. Neal G. The physical and economic impacts of urban flooding on critical infrastructure & surrounding communities a decision-support framework, Thesis Work at The University of Tennessee, 2014.