

CUM SCIENTIA PRO AQUIS HUNGARIAE

Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia

Tanulmányok



Szerkesztette:
BÍRÓ TIBOR

Dialóg Campus

Tartalom

A szerkesztő előszava	7
I. rész: A települési vízgazdálkodás hidrológiai folyamatai témakörében elhangzott előadások publikációi	9
Hoffmann Lilla – Lakatos Mónika: Növekvő csapadékintenzitás, magasabb mértékadó csapadékok a változó klímában	11
Ilyés Csaba – Szűcs Péter – Turai Endre: Csapadékösszegek és talajvízszint-idősorok spektrális elemzése	21
Czigány Szabolcs – Domján Anita – Nagy Gábor – Ronczyk Levente: Reakcióidő-számítás hidrológiai mérőhálózat alapján Pécssett	29
Horányiné Csiszár Gabriella – Ilyés Csaba – Lénárt László – Szűcs Péter – Üszögh Lajos: Miskolci villámárvizek elemzése a bükkí források és a városi szennyvízelvezető rendszer hozamadatai alapján	39
Bardóczyné Székely Emőke: A biológiai aktivitásérték (BAÉ) fogalma és kapcsolata a települési hidrológiával	45
Orgoványi Péter – Salamon Endre – Török László: Egy mérnök számára szükséges adatok és módszerek a települési csapadékvíz-elvezetés és csapadékvíz-gazdálkodás tervezése során	55
II. rész: A települési infrastruktúra és települési vízgazdálkodás témakörében elhangzott előadások publikációi	65
Fehér János – Nagy Attila – Riczu Péter – Tamás János: A nagy felbontású 3D városmodell felépítése és szerepe a települési vízgazdálkodásban	67
Komárominé Kucsák Mónika: A villámárvízi elöntések enyhítése érdekében magnövelt városi zöldfelületek hatásvizsgálata egy konkrét példán keresztül	77
Karches Tamás – Mátrai Ildikó – Orgoványi Péter – Vadkerti Edit: Csapadékesemény hatása a mozgóágyas biofilmreaktorokat alkalmazó szennyvízkezelési technológiára	91
Puskás Tibor: Szélsőséges időjárási események hatása a pécsi víz- és szennyvízszolgáltatásra konkrét esetek alapján	99
Ámon Gergely: A települési vízrendszerek modellezéssel történő tervezése	109
Kozák Péter: A települési csapadékvíz-kezelés és a külterületi vízvezető rendszerek diszharmoniajának bemutatása dél-alföldi esettanulmányokon keresztül	117
Mrekva László: A zöldinfrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyásszabályozásában	127
Goda Zoltán: A villámárvizek meteorológiai háttere	149

III. rész: A csatornahálózatokra gyakorolt hatások és a fenntartható csapadécsatornázás témakörében elhangzott előadások publikációi	159
Dulovics Dezsőné: A települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásai	161
Istók Balázs – Lengyel Róbert: A lézerszkennelt 3D felszínmodell alkalmazása a csatornakiöntések pontosítására	173
Salamon Endre: Csatornahálózat hidraulikai modellezése az oktatásban	183
Rácz Tibor: A 2017. május 23-i és az azt megelőző 2015. évi három budapesti felhőszakadás jellemzői	193
Gerőfi-Gerhardt András: Egyesített rendszerű csapadékvíz-elvezető művek bővítésének lehetőségei nagyvárosi környezetben	215
Hajtó Ödön: A vízügyi szabályozás és a csőstatika példája	227
Hancz Gabriella: A fenntartható csapadécsatornázás várható eredményei Debrecen példáján	235
IV. rész: A csapadékvíz-gazdálkodás katasztrófavédelmi aspektusai témakörében elhangzott előadások publikációi	243
Békési István – Sólyom Péter: Közép-Tisza-vidéki települések belvíz-veszélyeztetettségének értékelése	245
Jackovics Péter: Kárelhárítási, veszélyhelyzet-kezelési és helyreállítási feladatok a katasztrófavédelem polgári védelmi szakterülete elmúlt öt éves tevékenységének tükrében	251
Hábermayer Tamás: Katasztrófavédelmi önkéntesek szervezése a települések ár- és belvíz elleni védekezéséhez	261
Takács Krisztina – Kuti Rajmund: Extrém esőzések következtében kialakult csapadéktöbblet kezelésének tapasztalatai Győrben	273
Balatonyi László – Makay Gábor – Tóth László: A közelmúlt globális klímaváltozásainak, helyi vízkáreseményeinek hatása és költségvetési következményei a dél-dunántúli kis vízfolyások esetében	279
Hoffmann Imre – Cimer Zsolt – Király Lajos: A csapadékvíz-gazdálkodás iparbiztonsági aspektusai	293
A tanulmánykötet szerzői	305

Reakcióidő-számítás hidrológiai mérőhálózat alapján Pécssett

Bevezetés

A klímaváltozás hatásának nagyságát nehéz prognosztizálni a Kárpát-medence egész területére (KRISTÓF–PONGRÁCZ–BARTHOLY 2017), abban viszont egyetértenek a kutatók, hogy várhatóan megnövekszik az intenzív csapadékesemények száma (BARTHOLY–PONGRÁCZ 2007; CHEVAL–DUMITRESCU–BIRSAN 2016). Az extrém csapadékesemények visszatérési ideje 1,2–2-szeres szorzóval nő (PIECKA–PONGRÁCZ–BARTHOLY 2011; PONGRÁCZ–BARTHOLY–KIS 2014), míg a csapadék mennyisége az elmúlt 100 év átlagához képest csökken (NAGY et al. 2017).

A városi árvizek gyakorisága függ a beépítettségtől és a földhasználattól; a fedett felszínek növelésével nő az árhullám nagysága, változik a lefolyás időtartama (CHEN–XU–YIN 2009). A múltbeli időjárási események árhullámai szignifikáns különbséget mutatnak a jelen állapot alapján modellezettektől, ami a felszínhasználat változásával hozható összefüggésbe (ALI et al. 2010). A városi és impermeábilis felületek növekedésével a kisvízi árvizek száma nő: lineáris kapcsolat van a betonnal borított felszínek nagysága és a kisárvizek száma között (DU et al. 2012).

A csapadéktöbblet, ami nem tározódik, tulajdonképpen közvetlen felszíni vagy felszín alatti lefolyásra kerül, ami vagy a vízfolyásokon, vagy városi területek esetében a csatornahálózatban (csapadékcsatorna) távozik a vízgyűjtő területéről. A problémát fokozza, hogy a városi csapadékelvezető rendszerek számos esetben nem követik a természetes vízgyűjtőket (RONCZYK–CZIGÁNY 2014; RONCZYK et al. 2015). Az árhullámok levonulásának becslése megkívánja a hidrológiai ciklus részfolyamatainak, a terület vízmérlegének és hidraulikai folyamatainak ismeretét, illetve elsősorban azzal kapcsolatos tájékozottságot, hogy a lehulló csapadék milyen arányban fog eloszlani a tározás és a lefolyás között (KLUG–OANA 2015).

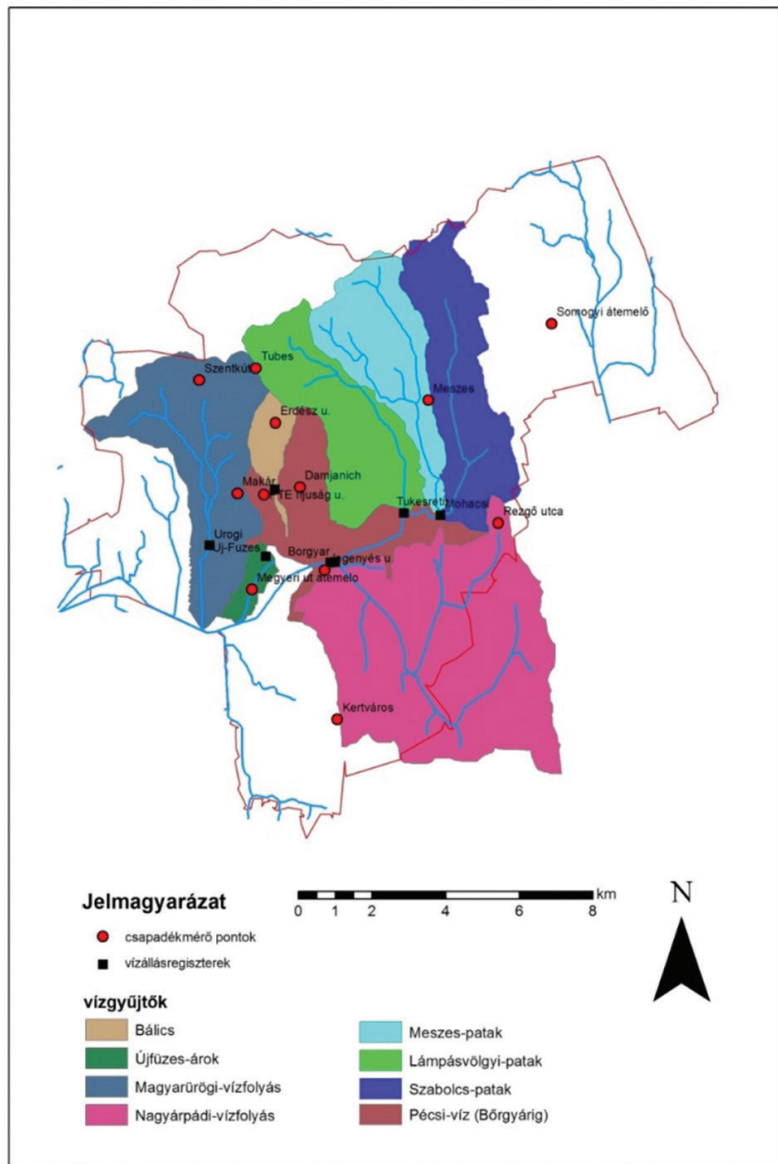
A vízgyűjtő csapadékesemény hatására adott válaszreakciójának nagyságát és időtartamát számtalan környezeti peremfeltétel szabályozza (MCCUEN 2009; GREEN–NELSON 2002). Ezek közül az egyik legfontosabb az összegyülekezési idő (t_c), ami a víznek az utazási idejét jelenti a vízgyűjtő hidraulikai értelemben legtávolabbi pontjától a vízgyűjtő kifolyási pontjáig (SZLÁVIK–SZIEBERT 2006). A praktikum felől megközelítve ez a védekezésre vagy riasztásra fordítható maximális időt jelenti.

Az összegyülekezési idő meghatározható közvetlenül az idő mérésével vagy mérnöki becsléssel; utóbbi empirikus egyenletek, illetve hidrológiai modellek alkalmazását jelentti (GRIMALDI et al. 2012). Almeida és munkatársai (2014) klaszteranalízissel vizsgálták az összegyülekezési idő számítási módjait, és azt tapasztalták, hogy az egyes becslési módok között akár 94,98% relatív eltérés is mutatkozhat. Az összegyülekezési idő tartama úgy becsülhető, hogy a lefolyási pályákat olyan részegységekre osztjuk, amelyek magukba foglalják a felszínen történő időszakos vagy állandó folyáspályákat (USACE 2001; ARONICA–CANDELA 2007). Az összegyülekezési idő vízgyűjtőspecifikus érték, így számos környezeti paramétertől függ. Ilyen paraméterek a vízgyűjtő formája, az átlagos lejtőszöge, a folyáspálya hossza, a csapadékkintenzitás (SZLÁVIK–SZIEBERT 2006), a kezdeti talajnedvesség értéke (CZIGÁNY et al. 2010; PIRKHOFFER et al. 2013; HEGEDÜS 2014), valamint a felszínborítottság, a borítás típusa és érdessége (RONCZYK et al. 2015). Városi vízgyűjtők esetében a természetes hatótényezőkön kívül a csapadék- és szennyvízelvezető hálózat struktúrája, vezetőképessége, valamint az impermeábilis felszínnek aránya lehet a legfontosabb tényező (RONCZYK–WILHELM 2006). Számos kutató feltételezett továbbá függvényszerű összefüggést a csapadékkintenzitás és az összegyülekezési idő között (SARANGI et al. 2007; HEGEDÜS et al. 2015).

Jelen kutatásunk célja a Pécs városában kiépített monitorhálózat adatai alapján számolható reakcióidők meghatározása a pécsi vízfolyásokra és öblözetekre a mért 2014. évi csapadék- és vízállásadatok alapján.

Eszközök és módszerek

A pécsi hidrometeorológiai monitoringhálózatot 2010-ben helyezték üzembe a BLOKOM Kft.-vel, a Tettey Forrásház Zrt.-vel és a DDVIZIG-gel együttműködésben, és jelenleg a város 19 pontján méri a csapadék-, talajnedvesség- és vízállás-paramétereket. A 10 km²/állomás térbeli lefedettségű monitoringrendszer segítségével nyomon követhető egy-egy csapadékesemény térbeli kiterjedése, az esemény hidrológiai hatásai, illetve a csapadék- és lefolyásadatok a vízgyűjtő szintű vízháztartás-modellezést is lehetővé teszik. A vízállás mérését Dataqua DA-S-LTRC 130 típusú digitális folyadékszint- és hőmérséklet-regisztráló műszerrel végeztük a város területén a 2014. évben. A Bálícsi-patakon, a Mohácsi úton (Meszes-patak) és a Páfrány utcánál (Ürögi-patak) kihelyezett mérőállomásokon 10 percenként regisztráltuk a vízállásadatokat. A Pécsi-víz, a Börgyár és a Tüskésrét mérőpontjain 15 percenkénti adatgyűjtés történt. A csapadékmérés Decagon (Decagon Devices Inc., Pullman, Washington állam, Egyesült Államok) ECRN-100 gyártmányú billenőedényes csapadékmérőkkel (0,2 mm felbontás), Boreas BES-6 gyártmányú (Boreas Kft., Érd), illetve egy ponton (Ifjúság utca) Lambrecht gyártmányú (Lambrecht GmbH., Göttingen, Németország) billenőedényes csapadékmérővel történt. A térfogati talajnedvességet Decagon 5TM (kombinált talajhőmérséklet és talajnedvesség) Time Domain Reflectometer rendszerű szenzorokkal mértük. Számításaink során a monitoringhálózat mérőállomásai által regisztrált adatokat használtuk 8 csapadékmérő és vízmérce párosítással (1. ábra).



1. ábra

A monitoringhálózat elhelyezkedése Pécsett (feketével a vízállásszenzorokat, pirossal a csapadékmérési helyszíneket jelöltük)

Forrás: a szerzők szerkesztése

Minden esetben a vízmércéhez tartozó, ugyanazon vízgyűjtő magasabb részén elhelyezkedő csapadékszenzor adatait vettük figyelembe. Jelen kutatáshoz a Rezgő utcai, a Meszesi, az Erdész utcai és a Szentkúti billenőedényes csapadékszenzorok 2014-es adatait használtuk fel. A reakcióidő értékét kétféleképpen határoztuk meg: (a) a csapadékesemény kezdete és az árhullám tetőzése között eltelt idő (t_{pi}), valamint (b) a csapadékintenzitás maximuma és az árhullám tetőzése között eltelt idő (t_{pm}). Három esetben egy vízállásmérő szenzorhoz több csapadékmérő adatait rendeltük a nagyobb térbeli lefedettség érdekében, valamint figyelembe vettük a vízgyűjtő domborzati adottságait is a 8 csapadékszenzor-vízmérce pár kiválasztásakor (1. táblázat és 1. ábra).

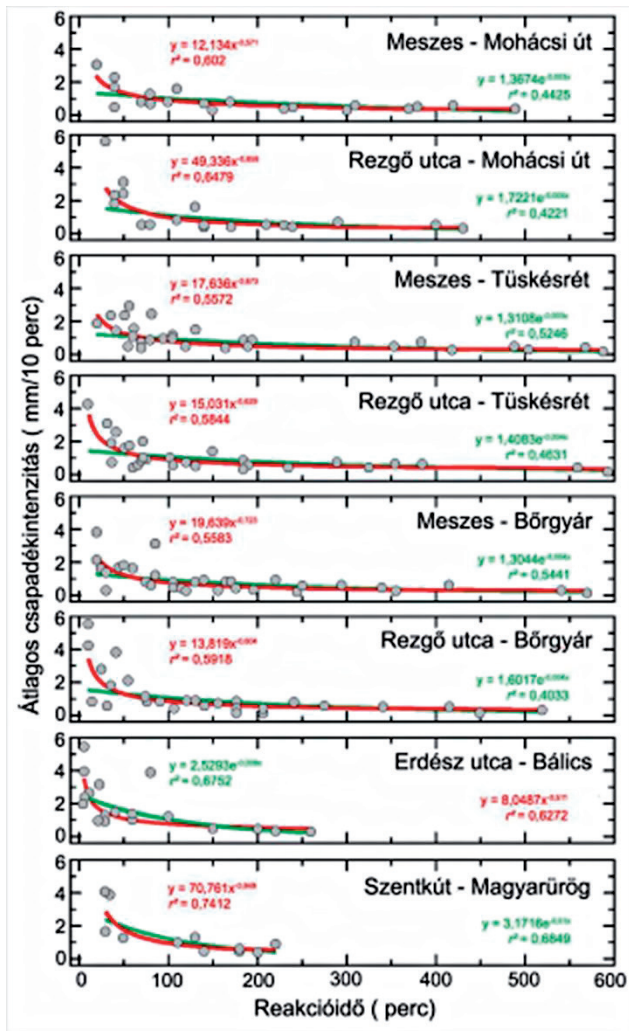
1. táblázat

A vizsgált csapadékszenzor-vízállásmérce párok és a vizsgált események száma

Csapadékszenzor	Típusa	Vízmérce helye	Vizsgált események száma (db)	Párosítás kódja
Meszes	Boreas	Mohácsi út	21	M1
Meszes	Boreas	Tüskésrét	29	T1
Meszes	Boreas	Bórgyár	34	B1
Rezgő utca	Boreas	Mohácsi út	19	M2
Rezgő utca	Boreas	Tüskésrét	28	T2
Rezgő utca	Boreas	Bórgyár	29	B2
Szentkút	Boreas	Ürögi (Páfrány u.)	11	Ü1
Erdész utca	Decagon	Bálics	18	Bál

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az események elemzése során vizsgáltuk az intenzitásértékekhez tartozó reakcióidőket. A maximális intenzitás és a h_{max} közötti összefüggés keresése során összesen hét vízmérce-csapadékszenzor párost elemeztünk. Az összehasonlíthatóság okán mind a t_{pm} , mind a t_{pi} meghatározását ugyanazon időszakokra figyelemmel végeztük.



2. ábra

Az átlagos intenzitás és a reakcióidők közötti összefüggések függvényei a nyolc vizsgált csapadékszenzor-vízmérce pár esetében

Forrás: a szerzők szerkesztése

Eredmények

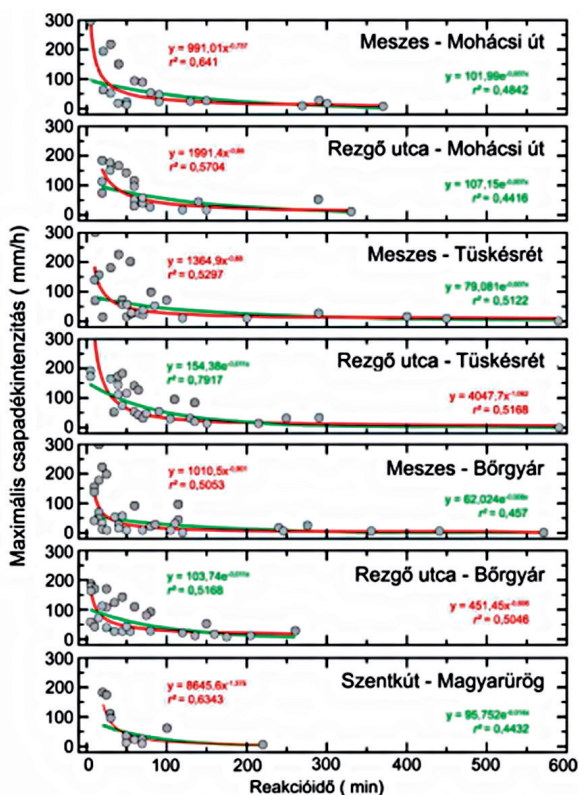
A csapadékesemény kezdetétől a vízállás tetőzéséig eltelt reakcióidők számítása (t_{pi}) a pécsi vízfolyásokon

A csapadékesemény kezdete és a vízállás tetőzése között eltelt idők (*t_{pi}*) vizsgálatok a Mohácsi út mentén elhelyezett vízmérce adatait a Rezgő utcai és a meszezi csapadékadatok alapján elemeztük (2. ábra). Erősebb korrelációt a Rezgő utcai szenzor által regisztrált adatokkal kapcsolatban tapasztaltunk (M2), ahol a korrelációs koefficiens értéke elérte a $r^2 = 0,6479$ -et, míg a meszezi állomás adataival való korrelációs együttható $r^2 = 0,602$ volt. Mindkét esetben az adatokra illesztett trendvonal egyenlete hatványösszefüggést mutatott. Az M2 jelű összehasonlítás során az összes esetek (19) mindössze 26,3%-a rendelkezett 60 percnél rövidebb reakcióidővel. Az összes kiválasztott esemény alapján elmondható, hogy az 1,6 mm/10 perc intenzitást meghaladó események maximum 130 percen belül megjelentek a vízállásban.

A tuskésréti vízmérce adatai szintén a Rezgő úti csapadékmérő adataival mutattak szorosabb korrelációt (T2), ebben a párosításban a korrelációs koefficiens értéke $r^2 = 0,5844$ volt. A meszezi állomás adataival történő összehasonlítás esetén (T1) is jónak nevezhető korrelációt tapasztaltunk, $r^2 = 0,5572$. Mindkét esetben az adatokra illesztett trendvonal egyenlete hatványösszefüggést mutatott. A T2 jelzésű párosítás esetén (28 esemény) az esetek 28,6%-ában a csapadék kezdetét követően maximum 60 percen belül megjelent az árhullám. Kivétel nélkül elmondható, hogy a 2 mm/10 perc intenzitást meghaladó események legfeljebb 70 percen belül a vízállás tetőzését jelentették. A Bórgyár melletti szenzor adatait is a meszezi (B1), illetve a Rezgő utcai (B2) csapadékmérő adataival hasonlítottuk össze: ismételtén a Rezgő utcai adatokkal figyeltünk meg szorosabb összefüggést. A B2 párosítás esetén a korreláció $r^2 = 0,5918$, míg a B1 párosításban $r^2 = 0,5583$ volt. A korábbiakkal megegyezően az adatokra illesztett trendvonal ismét hatványösszefüggést mutatott. A B2 párosításban 29 eseményt vizsgáltunk. Ezen esetek 27,6%-ában a csapadék kezdetét követően maximum 60 percen belül megjelent az árhullám. Kivétel nélkül minden esetben elmondható volt, hogy az 1,2 mm/10 perc intenzitást meghaladó események maximum 73 percen belül a vízállás tetőzését jelentették. 18 eseményt vizsgáltunk a Bálics-patakon elhelyezett vízmérce és az Erdész utcai csapadékszenzor viszonyában (Bá1). Az esetek 72,2%-ában a csapadék kezdetét követően 1 órán belül megjelent az árhullám. Egy kivétellel elmondható, hogy az 1,5 mm/10 percet meghaladó intenzitású események 40 percen belül megjelentek a vízállásban. A legnagyobb átlagos intenzitás értéke 5,5 mm/10 perc volt, amihez mindössze 5 perces reakcióidő társult. Az átlagos intenzitás és a reakcióidő között szoros összefüggés figyelhető meg, és ebben az esetben a korreláció erősnek mondható: $r^2 = 0,6752$. Az adatokra illesztett trendvonal egyenlete exponenciális összefüggést mutatott. Az Ürögi-patakon (az uránvárosi buszvégállomásnál) elhelyezett vízmérce adatait a szentkúti csapadékszenzor adataival összevetve (Ü1) 11 eseményt vizsgáltunk. A kiválasztott események 45,5%-ában a csapadék kezdetét követően 60 percen belül megjelent az árhullám. A legnagyobb átlagos intenzitású esemény 4,1 mm/10 perc intenzitással rendelkezett, ami mindössze 30 perccel a csapadékesemény kezdetét követően a vízállás tetőzését okozta. Az átlagos intenzitás és a reakcióidő között kifejezetten szoros hatványösszefüggést tapasztaltunk ($r^2 = 0,7412$).

A maximális intenzitástól a vízállás tetőzéséig eltelt reakcióidők számítása (t_{pm}) a pécsi vízfolyásokon

A Mohácsi úti vízmérce adatait a meszesi (M1) és Rezgő utcai (M2) csapadékmérő adataival összevetve a csapadékesemények maximális intenzitásától a vízállás tetőzéséig eltelt időket vizsgálva szorosabb kapcsolatot figyeltünk meg a meszesi adatokkal ($r^2 = 0,641$) (3. ábra). Az M2 összehasonlítás esetén a korrelációs együttható $r^2 = 0,5704$ volt. A t_{pi} -hez hasonlóan ebben az esetben is hatványösszefüggést figyeltünk meg az adatok között. Ebben a párosításban (M1) a vizsgált események 52,4%-ában a maximális intenzitást követően legfeljebb 1 órán belül megjelent az árhullám.



3. ábra

A maximális csapadékontenzitás és a reakcióidők közötti összefüggések függvényei a hét vizsgált csapadékszenzor-vízmérce pár esetében

Forrás: a szerzők szerkesztése

A tűskésréti vízmérce esetében a t_{pm} idők a t_{pi} időekkel egyetemben a Rezgő utcai szenzorral (T2) mutattak kifejezetten szoros összefüggést ($r^2 = 0,7917$), igaz, ebben az esetben exponenciális összefüggést figyeltünk meg. A T1 gyengébb korrelációt ($r^2 = 0,5297$), valamint

hatványos összefüggést mutatott. A T2 alapján elmondható, hogy a vizsgált események 42,9%-ában a maximális intenzitást követően legfeljebb 60 percen belül megfigyelhető volt a vízállás tetőzése (ez az arány a *t_{pi}* esetében 28,6% volt). Kivétel nélkül elmondható volt, hogy a 80 mm/h maximális intenzitást meghaladó események 135 percen belül a vízállás tetőzését okozták. A Börgyárnál található vízmérce adatainak elemzése során ismét a Rezgő utcai csapadékszenzor adataival találtunk szorosabb összefüggést ($r^2 = 0,5168$), ebben az esetben is exponenciális kapcsolatot figyeltünk meg. A B1 párosítás korrelációja nem mutatott szignifikáns eltérést ($r^2 = 0,5053$), illetve az adatok között hatványos összefüggés mutatkozott. A B2 párosítás esetén a vizsgált események 62,1%-ában a maximális intenzitást követően 60 percen belül megjelent az árhullám (ez az arány a *t_{pi}* esetében 27,6% volt). Az Ürögi-patakon (az uránvárosi buszvégállomásnál) elhelyezett vízmérce és a Szentkút csapadékszenzor (Ü1) adatainak elemzése során megfigyeltük, hogy az események 63,6%-ában a csapadék maximális intenzitását követően legfeljebb 60 percen belül a lehullott csapadék a vízállás tetőzésében mutatkozott meg (ez az arány a *t_{pi}* esetében 45,5% volt). Az illesztett trendvonal alapján az adatok közötti korreláció szoros, de gyengébb a *t_{pi}* korrelációhoz képest: ez esetben $r^2 = 0,6343$ (*t_{pi}* esetén $r^2 = 0,7412$). A *t_{pi}*-hez hasonlóan ismét hatványösszefüggés volt megállapítható az adatok között.

Konklúzió és összegzés

Eredményeink alapján a csapadékintenzitás és a reakcióidő közötti fordított összefüggés a távolság növekedésével csökken. A legtöbb esetben 3 óránál rövidebb idő alatt megjelent az árhullám a vízmércénél a csapadék kezdetét követően, tehát a definíció szerint, kiöntés esetén, ezek az események villámárvizeknek minősülének. Mind a *tpm*, mind a *t_{pi}* esetében, a korábbi eredményeknek megfelelően (HEGEDÜS 2014) a csapadékintenzitás és a reakcióidő között szignifikáns összefüggést, de fordított arányosságot figyeltünk meg. Azonban kiemelendő, hogy egy adott vízmércén átfolyó vízhozamhoz olyan részvízgyűjtők is dominánsan hozzájárulhatnak, amelyeken nincsenek mért csapadékadatok (például Tettye, belváros), így a megfigyelt árhullám tetőzése feltételezhetően nem csak egy csapadékszenzorhoz köthető. Véleményünk szerint a reakcióidők számítása során az egyazon vízgyűjtőhöz tartozó legközelebbi csapadékszenzor-vízmérce párosítást lehet figyelembe venni, illetve a csapadékeseményeket egyszerre több szenzoron, térben kell vizsgálni. Ebből fakadhat az, hogy például a B2 nemcsak a saját kapcsolatát méri, hanem valószínűleg a belvárosi és kertvárosi felszínek gyorsabban megjelenő lefolyását is. Ezt látszik alátámasztani az a tény is, hogy kutatásaink során a vízállásokban megjelenő árhullámok száma, illetve a vízállás növekedésének mértéke a város keleti felétől nyugat (avagy a belváros) felé haladva egyértelműen nőtt. Eredményeink alapján megállapítható, hogy hidrológiai és lefolyási szempontból minden csapadékszenzor-vízmérce páros (kvázi vízgyűjtő) egyedien viselkedik. Megjegyzendő azonban, hogy a csapadékmérők és a vízszintmérők a vízfolyások más-más szakaszán helyezkednek el, így a kalkulált reakcióidőket az egyes vízfolyásokon relatív módon kell értékelni. Nem döntően, de némely esetben befolyásolta a lefolyás/beszivárgás arányát a csapadékesemény kezdetekor, illetve az esemény folyamán a talajnedvesség-tartalom (például 2014. augusztus 3.). A feldolgozott események során az esetek túlnyomó részében a talajnedvesség nem játszott jelentős szerepet az árhullámok

megjelenésében, amely eredmény ellentmond például GAUME et al. (2009), HEGEDÜS et al. (2015) eredményeinek, akik jelentős hatást tulajdonítottak kutatásaik alapján a talajnedvességnek. Castillo és munkatársai (2003) például erős korrelációt figyeltek meg a kezdeti talajnedvesség és a beszivárgás aránya között durvább textúrájú talajok esetében. Minden vizsgált vízmérce-csapadékszenzor hozzárendelés esetén erős korreláció volt megfigyelhető. Az adatokra illesztett trendvonalak egyenleteinek alapján a reakcióidők jó közelítéssel becsülhetők, folyamatos adatgyűjtéssel real-time vízgyűjtő-specifikus egyenletek állíthatók fel. Így a fentiek tükrében a csapadék kezdő időpontját, illetve intenzitását online figyelve becsülhető az árhullám tetőzésének várható időpontja.

Irodalomjegyzék

- ALMEIDA, I. K. et al. (2014): Estimation on Time of Concentration of Overland Flow in Watersheds. A Review. *Geociências*, Vol. 33, No. 4. 661–667.
- ARONICA, G. T. – CANDELA, A. (2007): Derivation of Flood Frequency Curves in Poorly Gauged Mediterranean Catchments Using a Simple Stochastic Hydrological Rainfall-Runoff Model. *Journal of Hydrology*, Vol. 347. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.011>
- BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2007): Regional Analysis of Extreme Temperature and Precipitation Indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, Vol. 57, Nos. 1–2. 83–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.002>
- CASTILLO, V. M. – GÓMEZ-PLAZA, A. A. – MARTÍNEZ-MENA, M. (2003). The Role of Antecedent Soil Water Content in the Runoff Response of Semiarid Catchments: a Simulation Approach. *Journal of Hydrology*, Vol. 284, No. 1. 114–130. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00264-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00264-6)
- CHEVAL, S. – DUMITRESCU, A. – BIRSAN, M-V. (2016): Variability of the Aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050. *Catena*, Vol. 151. 74–86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.029>
- CHEN, Y. – XU, Y. – YIN, Y. (2009): Impacts of Land Use Change Scenarios on Storm-Runoff Generation in Xitiao Basin, China. *Quaternary International*, Vol. 208, Nos. 1–2. 121–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.12.014>
- CZIGÁNY SZ. et al. (2010): Villámárvíz, mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. *Földrajzi Közlemények*, 134. évf. 3. sz. 281–298.
- DU, J. et al. (2012): Assessing the Effects of Urbanization on Annual Runoff and Flood Events Using an Integrated Hydrological Modeling System for Qinhuai River Basin, China. *Journal of Hydrology*, Vols. 464–465. 127–139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.12.014>
- GAUME, E. et al. (2009): A Compilation of Data on European Flash Floods. *Journal of Hydrology*, Vol. 367, Nos. 1–2. 70–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028>
- GREEN, J. I. – NELSON, E. J. (2002): Calculation of Time of Concentration for Hydrologic Design and Analysis Using Geographic Information System Vector Objects. *Journal of Hydroinformatics*, Vol. 4, No. 2. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.2166/hydro.2002.0009>
- GRIMALDI, S. et al. (2012): Time of Concentration: A Paradox in Modern Hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 57, No. 2. 217–228. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.644244>
- HEGEDÜS P. et al. (2013): Analysis of Soil Boundary Conditions of Flash Floods in a Small Basin in SW Hungary. *Central European Journal of Geosciences*, Vol. 5, No. 1. 97–111. DOI: <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0119-6>

- HEGEDÜS, P. et al. (2015): Analysis of Spatial Variability of Near-Surface Soil Moisture to Increase Rainfall-Runoff Modelling Accuracy in SW Hungary. *Open Geosciences*, Vol. 7, No. 1. 126–139. DOI: <https://doi.org/10.1515/geo-2015-0017>
- KLUG, H. – OANA, L. (2015): A Multi-Purpose Weather Forecast Model for the Mondsee Catchment. *Journal for Applied Geoinformatics*, Vol. 3, No. 1. 600–609. DOI: <https://doi.org/10.1553/gis-science2015s600>
- KRISTÓF E. – PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2017): Távkapcsolati rendszerek hatása a Kárpát-medence térségére. *HUNGEO 2017: „Bányászat és környezet – harmóniában”: Magyar földtudományi szakemberek XIII. világtalálkozója. Program- és előadáskivonatok*. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2017. 08. 16. – 2017. 08. 20. Budapest, Magyarhoni Földtani Társulat. 75–76.
- MCCUEN, R. H. (2009): Uncertainty Analyses of Watershed Time Parameters. *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 14, No. 5. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000011](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000011)
- PIECZKA I. – PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2011): Expected Trends of Regional Climate Change for the Carpathian Basin for the 21st Century. *International Journal of Environment and Pollution*, Vol. 46, Nos. 1–2. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJEP.2011.042605>
- PIRKHOFFER E. et al. (2013): Lefolyási viszonyok talajszempontú analízise ultra-kisméretű vízgyűjtőkön. *Tájökológiai Lapok*, 11. évf. 1. sz. 105–123.
- PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. – KIS A. (2014): Estimation of Future Precipitation Conditions for Hungary with Special Focus on Dry Periods. *Időjárás*, Vol. 118, No. 4. 305–321.
- RONCZYK L. – WILHELM Z. (2006): Beneficial Use of the Stormwater in Pécs. *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung*, Vol. 40. 135–144.
- RONCZYK L. – CZIGÁNY SZ. (2014): *Pécsi hidrológiai tájékoztató 2014*. Pécs, Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézet.
- RONCZYK L. et al. (2015): Urban Stormwater Runoff and Pressure on the Sewerage System in Pécs, Southwest-Hungary. *CSE Journal – City, Safety, Energy*, 2015/1. 32–43. DOI: <https://doi.org/10.12896/cse20150010057>
- SARANGI, A. et al. (2007): Evaluation of Three Unit Hydrograph Models to Predict the Surface Runoff from a Canadian Watershed. *Water Resources Management*, Vol. 21, No. 7. 1127–1143. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9072-9>
- SZLÁVIK L. – SZIEBERT J. (2006): *Hidrológia és meteorológia*. Baja, Eötvös József Főiskola.
- USACE (US Army Corps of Engineers) (2001): *HEC-HMS Hydrologic Modeling System, User's Manual, Version 2.2.1*. Vicksburg, MS.

A tanulmánykötet szerzői

- Ámon Gergely:** okleveles építőmérnök, hidroinformatikai és vízgazdálkodási szakmérnök, vízépítési tervező, vízrendezési, hidraulikai és víziközmű-szakértő, TURA-Terv Mérnökiroda Kft.
- Balatonyi László:** árvízvédelmi osztályvezető, Országos Vízügyi Főigazgatóság; adjunktus, NKE Víztudományi Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet.
- Bardóczyné Székely Emőke:** egyetemi docens, SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Természetvédelmi és Tájgazdálkodási intézet Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék.
- Békési István:** a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársa.
- Cimer Zsolt:** egyetemi docens, oktatási dékánhelyettes, NKE Víztudományi Kar.
- Czigány Szabolcs:** habilitált egyetemi docens, tanszékvezető, PTE Természetudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék.
- Domján Anita:** intézeti technikus, PTE Természetudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet.
- Dulovics Dezsőné:** professor emerita, SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar.
- Fehér János:** a DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet munkatársa.
- Gerőfi-Gerhardt András:** a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. munkatársa.
- Goda Zoltán:** kutatási főreferens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.
- Hábermayer Tamás:** tűzoltó ezredes, megyei igazgatóhelyettes, Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság.
- Hajtó Ödön:** okleveles mérnök.
- Hancz Gabriella:** egyetemi docens, DE Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék.
- Hoffmann Imre:** közfoglalkoztatási és vízügyi helyettes államtitkár.
- Hoffmann Lilla:** az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa.
- Horányiné Csiszár Gabriella:** ivóvíz-gazdálkodási részlegvezető, MIVÍZ Miskolci Vízmű Kft.
- Ilyés Csaba:** tudományos segédmunkatárs, ME Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet, MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport.
- Istók Balázs:** adjunktus, BME Áramlástan Tanszék.
- Jackovics Péter:** tűzoltó ezredes, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Országos Polgári Védelmi Főfelügyelőség Veszélyhelyzet-kezelési Főosztály főosztályvezetője, a HUNOR Mentőszervezet parancsnoka.
- Karches Tamás:** főiskolai docens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.
- Király Lajos:** a ZOLTEK Zrt. munkatársa.
- Komárominé Kucsák Mónika:** egyetemi adjunktus, SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézet.
- Kozák Péter:** okleveles mérnök, vízgyűjtőfejlesztési osztályvezető, Alsó-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság.
- Kuti Rajmund:** egyetemi docens, SZIE Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar.
- Lakatos Mónika:** az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa.
- Lénárt László:** c. egyetemi tanár, ME Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet.
- Lengyel Róbert:** oktató, BME.

Makay Gábor: osztályvezető, Országos Vízügyi Főigazgatóság.

Mátrai Ildikó: főiskolai tanár, intézetvezető, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Mrekva László: mérnök tanár, NKE Víztudományi Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet; ügyvezető igazgató, Bajavíz Kft.

Nagy Attila: adjunktus, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.

Nagy Gábor: tudományos segédmunkatárs, PTE Természettudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet.

Orgoványi Péter: mérnök, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Puskás Tibor: hidrogeológus, TETTYE Forrásház Zrt.

Rác Tibor: osztályvezető, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.

Riczu Péter: tudományos segédmunkatárs, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.

Ronczyk Levente: adjunktus, PTE Természettudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék.

Salamon Endre: egyetemi tanársegéd, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Sólyom Péter: a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársa.

Szűcs Péter: dékán, egyetemi tanár, az MTA doktora, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet, MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport.

Takács Krisztina: PhD-hallgató, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola.

Tamás János: egyetemi tanár, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

Tóth László: gazdasági főigazgató-helyettes, Országos Vízügyi Főigazgatóság; adjunktus, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Török László: főiskolai docens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Turai Endre: intézetigazgató, habilitált egyetemi docens, ME Műszaki Földtudományi Kar Geofizikai és Térinformatikai Intézet.

Üszögh Lajos: külkapcsolati tanácsadó, MIVÍZ Miskolci Vízmű Kft.

Vadkerti Edit: egyetemi docens, intézetvezető-helyettes, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.