

## Kutatási előzmények

Mivel az árterek alapvető felszínformái a folyó tevékenységének eredményei, áttekintettem a folyómedrek geomorfológiai jellemzésére és tipizálására irányult nemzetközi törekvéseket. Az 1970-es évek óta szinte évente láttak napvilágot új mederosztályozási rendszerek. Ezek a medernek a völgyben elfoglalt helyzetét, hordalékszállítását, a medermintázat típusát (a kialakított egyszerű vagy összetett medrek geometriáját), a vízfolyás rendűségét, a folyó fajlagos energiáját, a mederaljzat alakzatait vagy ezekből kialakított komplex mutatókat tekintenek alapvető osztályozási ismérveknek. Sajnos, az egykori, feltöltött medrek és árterek tipizálására a legtöbb módszer nem használható, hiszen az ilyen medrek jellemzőit (pl. fenékalakzataikat) ma már lehetetlen rekonstruálni.

A különböző ártérosztályozásokban háromféle alapvető megközelítés ismerhető fel: az artéri felszínformákra összpontosító morfológiai osztályozás (az artéri üledékfelhalmozódás figyelembevételével); a gyakorlati élet igényeit kielégítő (a helyreállíthatósági potenciál meghatározását célzó) csoportosítások és újabban a genetikus tipizálás. Az utóbbi kategóriában az ausztrál Gerald C. Nanson és Jackie C. Croke (1992) energetikai-geomorfológiai rendszere a legismertebb, amelynek alapja a folyó energiája és a parton lerakott folyóvízi üledék szemcsemérete közötti egyensúly megléte, ill. hiánya. A rendszer fogyatékosága, hogy nem közvetlenül az árteret, hanem a kialakító meder hidraulikai paramétereit (esését, mederkitöltő vízhozamát) minősíti. A kis méretű és energiájú folyók árterét nem lehet vele részletesen tipizálni.

Az új folyóvízi ökológiai elméletek (mint pl. az árvíz-pulzus – Junk et al. 1989, vagy a metastruktúra elmélet – Poole 2002) hangsúlyozzák, hogy árvizek idején megteremtődik az a hidrológiai kapcsolat a folyó és ártere között, ami az élővilág számára elengedhetetlenül fontos. Az árterek osztályozásába tehát be kell vonni a folyó-ártér-vízgyűjtő tájökölógiai kapcsolatokat is. A vízparti élőhelyek különböző ökológiai minősítési módszerei arra is gondot fordítanak, hogy a módosított állapotú folyók mentén is felmérjék a zavarásokra adott válaszokat, az „egészséges állapot” elérésének lehetőségeit az Európai Unió Víz Keretirányelvének tükrében. Az Európai Unióban szabványos hidromorfológiai minősítés az ártereket földhasználatuk és a folyóval való kapcsolatuk erőssége szerint osztályozza.

Az árterek funkcionális rendszerezésében a következő szerepköreiket emelik ki: árvízvédelem, tompító sáv és artéri folyosó szerep. Mindezen funkciók betöltését a növényzet dinamikáját figyelembe véve lehet értékelni. Számos kutató hangsúlyozza, hogy a kisebb vízfolyások parti sávjai gyakran még természetközeli állapotban vannak, ezért hatékonyabban be tudják tölteni funkcióikat, mint a nagy folyók antropogén hatásra átalakult parti sávjai. A kis vízfolyások hozzájárulása (pl. az árvízvédelemhez), nagy számukat tekintve, összességében igen jelentős lehet. Az artér tájszerkezete minden szerepkör szempontjából lényeges.

Az Európai Unió jelentései, valamint a meteorológiai modellek is azt mutatják, hogy – éghajlatunk változásával összefüggésben – egyre gyakoribbá válnak a heves lefolyású, előre nehezen megjósolható és súlyos következményekkel járó időjárási események, mint az intenzív konvektív csapadékesemények is, amelyek a hegy- és dombvidékeken hirtelen árvizet okoznak. Ezt a jelenséget a nemzetközi szakirodalom villámárvíznek (angolul flash flood) nevezi. Kutatócsoportunk több éve foglalkozik a hirtelen árvizek előrejelzésével és modellezhetőségével (Pirkhoffer et al. 2009; Czigány et al. 2010). Több jelentős projektben vettünk részt, amelyek témája szervesen kapcsolódott a villámárvizekhez, amelyek mecseki mintaterületeken az árvízveszély és kockázati térképezésének és kezelésének követelményeit igyekeztek meghatározni, a védekezés megalapozása, eszközrendszerének kialakítása érdekében.

## A kutatás céljai

Az OTKA által támogatott kutatás egyik fő feladata a Kapos árterének hidromorfológiai szakaszolása, tájökölógiai értékelése, az öblözetek földminősítése és helyreállíthatósági potenciáljának (rehabilitation potential) meghatározása volt. A következő kérdéseket törekedtünk megválaszolni:

1. Milyen kiterjedésű volt a Kapos szabályozások előtti ártere és milyen geomorfológiai folyamatok alakították?
2. Geomorfológiai paraméterek alapján milyen szakaszokra osztható az ártér?
3. Hogyan illeszkedik a mentesített ártér tájszerkezete annak tágabb környezetébe, különös tekintettel a kritikus peremi sávokra?
4. Hogyan minősíthető a mentesített ártér elöntésveszély szempontjából?
5. Milyen az ártér általános termőképessége és egyes növények termesztésére vonatkozó agroökölógiai alkalmassága? Hogyan aknázható ez ki a környezeti konfliktusok minimálisra csökkentésével?
6. A gyakorlati hasznosíthatóság érdekében pedig feltehető a kérdés: Mekkora a Kapos-ártér (völgy) helyreállíthatósági potenciálja a különböző szakaszokon?

A fenti kérdésekkel kapcsolatban a következő munkahipotéziseket állítottuk fel.

1. Geomorfológiai szempontból az ártereket leginkább a folyó mederformáló mechanizmusa, a folyómeder völgyi korlátozottsága és szabályozottságának mértéke jellemzi.
2. A Kapos egységesnek tűnő ártere határozott geomorfológiai szakaszokra tagolható, melyek között az eltérések azonban nem túl nagy mértékűek, ezért az altípusok megállapításához a nemzetközi osztályozási rendszereket újabb paraméterekkel kell kiegészíteni.
3. A kisebb folyókat kísérő árterek (parti sávok) is fontos szerepet töltenek be mint élőhelyek és mint ökológiai folyosók egyaránt. A folyómeder, a hullámtér és a mentett oldali ártér laterális kapcsolatai (elsősorban a kritikus sáv folytonossága) meghatározó jelentőségűek az ártéri ökoszisztéma működésében.
4. Az ártér tájszerkezete összefüggésben áll funkcióinak betöltésével. Az antropogén ártéri formák, egyedi tájelemek jelentősen befolyásolják az elöntések helyét és kiterjedését.
5. Az egyes ártérszakaszok agroökölógiai potenciáljukban is különböznek, meg lehet találni a nekik legmegfelelőbb földhasználati módokat.
6. Az ún. helyreállíthatósági potenciál (WWF International 2010), azaz a meder és az ártér közötti kapcsolatok (konnektivitás) visszaállíthatósága is eltérő mértékű az egyes ártérszakaszokon, a vizsgált hidromorfológiai és tájökölógiai paraméterektől függ.

A Kapos árterének hidromorfológiai és tájökölógiai vizsgálatáról az MTA doktori cím elnyerését célzó disszertációt készítettem (Lóczy 2011), amelyet 2011 októberében nyújtottam be a Magyar Tudományos Akadémia Doktori Tanácsának.

A kisvízfolyások vízgyűjtőin végzett kutatások arra irányultak, hogy megállapítsuk Dél-Dunántúl veszélyeztetettségének mértékét a villámárvizek szempontjából, felvázoljuk a lehetséges előrejelzési és modellezési eljárásokat. Ezen belül a legfontosabb kutatási feladatok, megválaszolandó kérdések a következők voltak:

1. Milyen különbségek vannak a folyó menti árvizek és a villámárvizek között?
2. Milyen hidrológiai-vízrajzi feltételei vannak a villámárvizek keletkezésének?
3. Milyen passzív tényezők befolyásolják jelentősen az egyes vízgyűjtők árvíz-veszélyeztetettségét?
4. Hogyan minősíthető a villámárvízi veszélyeztetettség?

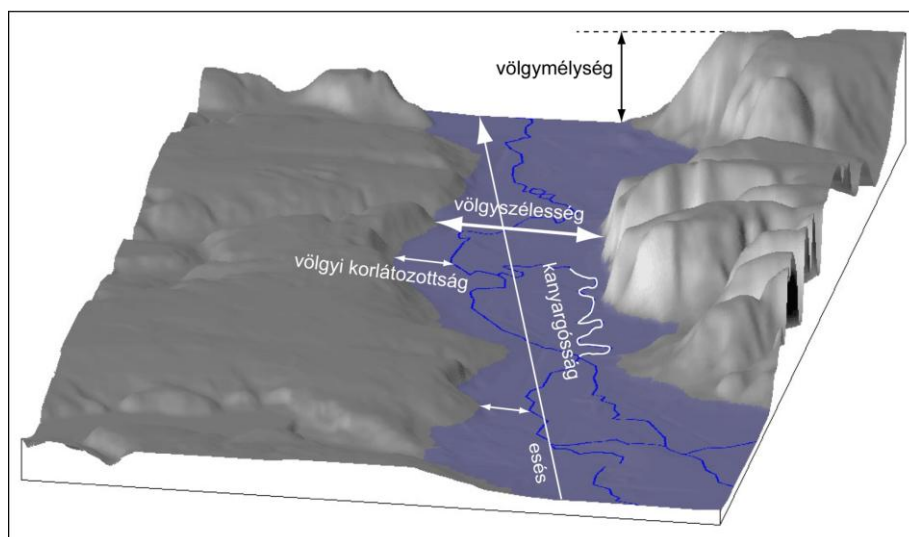
## Vizsgálati módszerek

A geomorfológiai és a tájökológiai viszonyok minél teljesebb és pontosabb jellemzéséhez az egymást kiegészítő és eredményeit ellenőrző, megerősítő kutatási módszerek minél szélesebb körét igyekeztünk igénybe venni.

1. A Kapos szabályozás előtti árterének pontos elhatárolását manuálisan (de térinformatikai feldolgozásban) a katonai felmérések térképei, egyéb archív források, valamint topográfiai térképek alapján végzett meder- és ártérrekonstrukcióval kíséreltük meg. Távérzékeléses anyagokon (űr- és légifelvételeken) a földhasználatból, a vizes élőhelyek növényzetéből, a talaj nedvességi állapotából, ill. a belvizes foltok kiterjedéséből lehet következtetéseket levonni. Ezekkel párhuzamosan automatikus eljárásokkal határoztuk meg a mentesített ártér határvonalát. Az alkalmazott hidrológiai-térinformatikai modellek a következők: az amerikai HEC-RAS modellben az ártéri keresztmetszvények elemzése, különböző DEM derivátumok (lejtéskülönbség, görbültség, komplex domborzati index), a legújabb pedig az ausztrál, „lapos völgyfenék többféle felbontásban” történő azonosítására szolgáló index (multi-resolution valley bottom flatness, MRVBF), amely a legpontosabb ártérmeghatározást teszi lehetővé.

2. Az ártér szakaszokra bontását és a szakaszok jellemzését többféle módszerrel is végeztük. Nanson és Croke (1992) megközelítésén kívül a szintén ausztrál „folyóstílusok” rendszerezését (Brierly & Fryirs 1997, 2005) is alkalmaztuk. A gyakorlati, rehabilitációs célra kifejlesztett, kevésbé kvantitatív folyó- és ártérosztályozást mennyiségi paraméterekkel kellett kiegészíteni, ezért az árterek hossz-szelvényének elemzésére új mutatót javasoltunk, az LPI indexet (Lóczy et al. 2011). A diagnosztikus paraméterek három leglényegesebb csoportja az ártérszakaszok elhatárolásához (1. ábra):

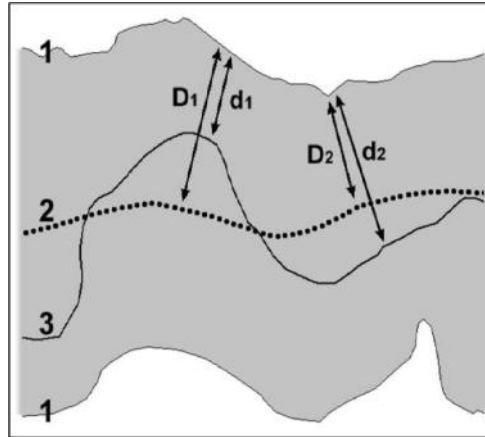
- magának az ártérnek a szélessége (a szűkületek és tágulatok mintázata) és lejtése;
- az árterek természetes viszonyok között kialakító medrek paraméterei (esés, futásfejlettség, más néven kanyargósság);
- valamint a folyó völgyének, ill. a meder (medrek) és a völgy kapcsolatának alapvető paraméterei (völgymélység és völgyi korlátozottság).



1. ábra Az ártérszakaszok elhatárolásához felhasznált morfológiai paraméterek

Ezáltal láttuk biztosítottak azt, hogy az árteret összefüggéseiben, („lefelé”, a mederhez fűződő, ill. „felfelé”, a völgy, esetenként az egész vízgyűjtő felé mutató) hierarchikus kapcsolataiban vizsgáljuk (Frissell et al. 1986).

Az LPI indexben kiemelkedő szerepet kap a folyómeder völgyi korlátozottsága és kanyargóssága (futásfejlettsége). Meghatározásukhoz a rekonstruált régi medreket az Idrisi Distance moduljával dolgoztuk fel. A völgyi korlátozottság a meder „kilengésének” mértékét fejezi ki az ártér pereméhez, azaz a völgyoldalakhoz képest. Mértékét még jelenlegi medrek esetében sem könnyű megállapítani, különösen nehéz egykori, elhagyott és feltöltődött medrekre. E célból kiszámítottuk a  $d_i/D_i$  hányadosot (Lóczy et al. 2011 – 2. ábra).



2. ábra A völgyi korlátozottság meghatározási módszerének bemutatása: mennyire tér el az ártér pereméhez (1) képest a völgy tengelyétől (2) a régi meder (3) (Lóczy et al. 2011).  $d_1$ ,  $d_2$  – a meder középvonala és a balparti ártérperem közötti távolság;  $D_1$ ,  $D_2$  – a völgy tengelye és a balparti ártérperem közötti távolság

Ha a  $d_i/D_i$  hányados értéke 100%-nál kisebb, az azt jelenti, hogy a vizsgált meder az ártér bal parti pereme közelében halad, ha a hányados 100%-nál kisebb, a jobb oldali peremet közelíti meg jobban. Ha a mederszakaszokat kellőképpen rövidnek választjuk meg, akkor a meder „kilengéséről” és egyben kanyargóságáról is elég részletes képet kapunk. Az Idrisi programban a Kapos mentén az 10 m hosszú mederszakaszokat vettünk fel, ami azonban túlzott részletességhez vezetett. Az osztályozás céljára alkalmasabb görbe generálása érdekében simítást (100 m hosszú szakaszokon a maximális kitérésű értékek kiválasztását) kellett alkalmaznunk. A következő képletet kaptuk:

$$LPI = \max \left( \left( \frac{d_{i+1}}{D_{i+1}} \right) - \left( \frac{d_i}{D_i} \right) \right)_{i=1}^{i=n} (\Delta 100),$$

ahol LPI = hossz-szelvény index (simított medereltérés a völgy tengelyétől, ill. az ártér középvonalától);

$d_i$  = a rekonstruált egykori meder és a középvonal megfelelő pontja közötti távolság;

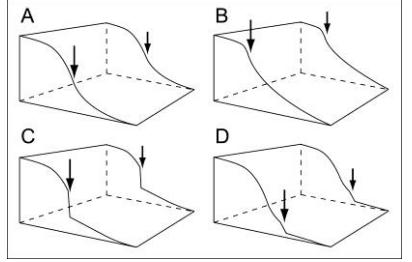
$D_i$  = a középvonal és az ártér egyik pereme közötti távolság.

A fenti jellemző paraméterek együttes alkalmazásával a folyó árteréről szinte három-dimenziós képet kaphatunk, ezek alapján tipizálhatjuk az ártér egyes szakaszait.

A peremi lejtőprofilok elemzése segítségével az árteret határoló dombblejtők alakjából ki lehet következtetni, milyen régen és milyen mértékben mosta alá a lejtőt a folyómeder, tehát milyen volt a völgyi korlátozottság közvetlenül a folyószabályozás előtt. A lejtőprofilok nemzetközi osztályozása és a Kapos völgyében megfigyelt lejtőalakzatok elemzése alapján négy viszonyítási lejtőprofilot állapítottunk meg (1. táblázat).

1. táblázat A lejtőlábak alámosásának ideje és mértéke a lejtőprofilok tükrében

típus	maximális lejtőszög (°)	az alámosás	
		ideje	mértéke
A (konvex-konkáv)	35	korábbi	igen gyenge
B (konkáv)	40	korábbi	erős
C (meredek fal)	90	friss	nagyon erős
D (erodált lejtőláb)	30	friss	gyenge



3. Az alkalmazott tájökológiai minősítő módszerek az ártér tájszerkezetére, annak egyedi elemeire, összekapcsoltságukra, az ártér elöntés-veszélyeztetettségére és helyreállíthatósági lehetőségeire (rehabilitációs potenciáljára) vonatkoztak. Az egyedi tájelemeket minőségük, elhelyezkedésük és alakjuk szerint minősítettük. A tájfoltok lehetséges összekapcsoltságának két fő mutatója az  $\alpha$ - és a  $\gamma$ -index (Forman & Godron 1986). A nemzetközi irodalomból már régebben ismert mutatókat még viszonylag kevés helyen próbálták ki. Az  $\alpha$ -index viszonylag pontosan tájékoztat arról, milyen mértékben rendeződnek önmagukba visszatérő körpályákba a kapcsolatok, milyen sűrűn alkotnak csomópontokat (a természetközeli élőhelyfoltokon). Képlete:

$$\alpha = \frac{L - V + 1}{2V - 5},$$

ahol L = az összeköttetések; V = a csomópontok száma.

A százalékos  $\gamma$ -index képlete:

$$\gamma = \frac{L}{3(V - 2)} \cdot 100.$$

Az 50% feletti  $\gamma$ -értékek már jó összekapcsoltságra utalnak, hiszen a lehetséges pályák több mint fele „járható”. Mindkét index szempontjából összehasonlítottuk a Kapos-ártér öt jellegzetes szakaszának egy-egy mintaterületét.

A gradiens elmélet és módszer lényege, hogy a táj mátrixa sem tökéletesen homogén, különböző szempontokból (pl. a különböző állatfajok számára) egyes sávokban jobban átjárható, mint másokban, tehát a táj hasonló jellegű, de nem teljesen azonos felszínborítottsági/földhasználati osztályba eső ökotópjai (foltjai) sorozatba rendeződhetnek és lépőkövekként (stepping stones) működhetnek, tehát összekapcsoltságot biztosíthatnak (Müller 1998; Csorba 2008). A vízellátottságból mint döntő jelentőségű tulajdonságból kiindulva, sorba állítottuk a folyó környezetében előforduló természetes és mesterséges élőhelyeket a legnedvesebektől a dombtetőkön előforduló legszárazabbakig. A terepen ellenőrzött CORINE CLC50 felszínborítottsági térképen kerestünk olyan katénákat, amelyek megfelelnek a gradiens elmélet követelményeinek: egymással érintkező, vízellátottságukban rendszerint csak egy fokozattal különböző élőhelyeik kedveznek a (kis testű, kis rádiuszú) állatok mozgásának.

Kritikus tájszerkezeti öveknek a brit szakirodalom (Burt & Haycock 1996) szerint elsősorban a dombság lejtőlábi sávja számít az ártér szegélyén, ill. a második leghatékonyabb a folyóparti sáv (riparian zone). A 100 m szélességűnek megválasztott sávok folytonosságát abból becsültem meg, hogy mekkora bennük a természetközeli növényzetfoltok területi aránya. Ehhez azonban a CORINE felszínborítottsági adatbázisnál részletesebb földhasználati térképet kellett készíteni.

4. Az ötfokozatú elöntés-érzékenységi értékelés alapja belvízborítás gyakorisága, a talajok vízgazdálkodása és a vizsgált felszín domborzati helyzete volt (2. táblázat). A nemzetközi osztályozásokat a Kapos árterén kijelölt referencia-területek segítségével egységes rendszerbe foglaltuk.

2. táblázat Az ártér vízelöntés szempontjából megállapított érzékenységi osztályai

rang-sorszám	érzékenység-osztály	leírás	példa a Kapos-völgyből
0	nincs (elöntés nem valószínű)	közepes és jó vízháztartású talajok kiemelt helyzetben	folyóhát (Regölytől D-re)
1	kicsi	télen, tavasszal esetleg víz alá kerülő, közepes vízgazdálkodású talajok dombtetőn vagy -lejtőn	a jobbparti (tolnai-hegyháti) lejtők lába (pl. Keszőhidegkút, Belecska)
2	kicsi-közepes	télen, tavasszal potenciálisan elöntött, korlátozottan művelhető, közepes vízgazdálkodású talajok dombsági lejtőderékon, -lábán	terasszerű felszínnek lejtőlábi sávja (pl. Döbrököz, Kurd – kertek alja)
3	közepes	a legtöbb év egy szakaszában telítődés vagy vízborítás miatt nehezen művelhető, rossz vízgazdálkodású talajok lejtőlábán, sík felszínen, süllyedékben	ártéri lapály pereme a Dombóvár–Döbrököz közötti öblözetben
4	közepes-nagy	az év egy szakában rendszeresen vízborította és nem művelhető, rossz vízgazdálkodású talajok lejtőlábán, sík felszínen, süllyedékben	ártéri lapály fenékszintje a Szakályi-öblözetben
5	nagy	hosszabb ideig tartó vízborítás, amely a művelést egész évben korlátozza; rossz lefolyású talajok völgytalpon, süllyedékben	régi meanderek (Regölytől DK-re)

5. A Kapos árterének helyreállítása ugyan jelenleg nincs napirenden, de a jövőben szükségessé válhat. A tervezés megalapozásához részletesen minősíteni kell a helyreállíthatósági potenciált. A helyreállítási alternatívák három csoportba sorolhatók (Smith et al. 2008): beavatkozás nélküli („no action”), passzív vagy aktív helyreállítás (3. táblázat). A rehabilitációs potenciál megállapításának módja a passzív és – kiegészítésképpen – a helyi aktív („kemény” vagy „lágy” mérnöki) beavatkozási alternatívák ártérszakaszonkénti mérlegelése, amelyek hatására a folyómeder és tágabb környezete minél hamarabb elérheti a megkívánt környezeti állapotot.

3. táblázat A három helyreállítási megközelítés összehasonlítása (Smith et al. 2008, kiegészítve)

általános megközelítés	stratégia	példa	helyreállítási potenciál
„no action”	nincs beavatkozás, remélhető, hogy a folyó kiküszöböli a kisebb zavarás	a természetes zavarások (pl. árvizek) hosszabb időtávlatban egyensúlyi állapothoz vezetnek	nagy

	következményeit		
passzív	az árvízvédelmi intézkedések megtétele után lehetővé tenni a meder szabad reakcióját	a folyómenti sávban fekvő földek felvásárlása, hogy rajtuk szabadon kialakulhasson a meanderövezet	közepes
aktív	a meder mesterséges vonalvezetésének kiigazítása stabil meder kialakítása érdekében, a passzív eljárások beépítésével	új medervonalvezetés, partok megerősítése természetes eljárásokkal, de teret hagyva a folyónak, hogy esését és mintázatát „finomra hangolhassa”	kicsi

6. Szintén az ártér hasznosításának témakörébe tartozik, hogy a földminősítési módszerek keretében az ártér öblözeti szakaszain vizsgáltuk az általános termőképességet (Dömsödi 2011 módszerével), ill. egyes növények termesztésére való területi alkalmasságot. Lényeges ismérvek tekintetben a vízellátottság küszöbértékeit: a vízigény teljesülését, ill. azt, hogy a növények milyen tartós tavaszi-nyári eleji előntést képesek elviselni súlyos terméseszkökenélkül. Egyes speciális kultúrák (torma, gyógynövények) ökológiai igényeit külön is összevettem az ártér természeti adottságaival (a talajok térbeli mintázatával).

A villámárvizek természetföldrajzi feltételeinek kutatására a hagyományos árvízi modellektől eltérő megközelítést kellett alkalmaznunk (Czigány et al. 2010). Az első közelítésű vagy passzív tényezőkön alapuló veszélytérképek készítéséhez ún. „rapid screening” eljárást alkalmaztunk ARC/GIS, és SAGA GIS környezetben. Ezen modellekhez felhasználtuk az 1:100 000-es méretarányú AGROTOPO talajtani, a CLC-2000 felszínhasználati, valamint a MÁFI geológiai térképeit.

1. A veszélytérképek, a numerikus modellek legfontosabb alapadata a domborzat. Kutatásaink során az előntési térképekhez a DDM 50, illetve a DDM 5 modelleket alkalmaztuk, amelyek felbontása 10 m. A kijelölt mintaterületeken terepi felméréssel 5 m, ill. a meder és a völgy egyes szakaszain 1 m felbontású domborzati modellt használtunk.

2. A csapadékadatok és a radarfelvételeket az Országos Meteorológiai Szolgálat bocsátotta rendelkezésünkre. A folyók és patakok vízhozam- és vízállásadatait a VITUKI Rt, a DDKÖVIZIG, valamint a MECSEKÉRC Rt. hozzájárulásával használtuk fel. A csapadékadatok időbeli felbontása az döntéstámogatási modellek esetében egynapos, a numerikus modellek esetében 10 perces volt.

3. A numerikus modelleket a HEC (Hydrologic Engineering Center, USA) programcsomag különböző típusú szoftvereivel futtattuk. A csapadék-lefolyás modell számításait HEC-HMS, az előntési modellét HEC-RAS, míg az előntési modell megjelenítését HEC-GeoRAS programmal végeztük el.

4. A villámárvizek pontosabb megismerése, a hatótényezők jobb parametrizációja, a modellek előrejelző-képességének pontosítása céljából monitoring-hálózatot alakítottunk ki a Bükkösdi-víz rendszeréhez tartozó Sás-patak vízgyűjtőjén.

## Eredmények

1. A digitalizált adatokból készített térinformatikai rekonstrukció szerint a Kapos szabályozások előtti tényleges (tehát a jelenlegi mentesített) árterének legnagyobb kiterjedése mindössze 104,2 km<sup>2</sup> lehetett. (Ez a vízgyűjtő 3,3%-a – arányában ugyanannyi, mint a Duna esetében!). Ekkora árterület kb. 1 km átlagos ártérszélességet jelent. (Ez azonban – mint a

legtöbb átlag – félrevezető, hiszen a Kapos árterére különösen jellemző a tágulatok és szűkületek többszöri váltakozása.)

Az ausztrál völgyfenék index (MrVBF) nagyon jól közelítette, csak igen kis mértékben becsülte alá az ártér kiterjedését (a térképi rekonstrukcióhoz képest). A többi térinformatikai eljárás a mellékvizek ártereinek becsatlakozásánál nehezen tudta kettéválasztani a két árteret, ezért erősen (negyedével, felével) túlbecsülte a Kapos árterének kiterjedését, még inkább az ártér szélességét (általában másfélszeresen) (4. táblázat). Gyakorlatilag csak egyetlen esetben fordult elő minimális mértékű alulbecslés.

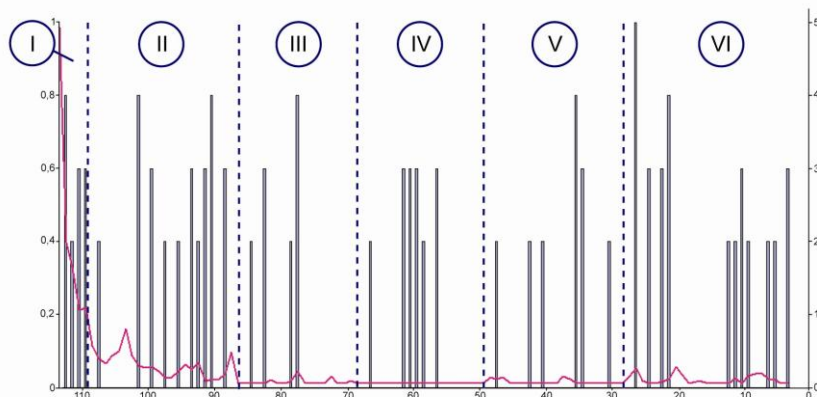
4. táblázat Az automatikus elhatárolási eljárással kapott ártér és az archív térképek interpretációjával rekonstruált ártér méretének összehasonlítása a Kapos Kaposvár és Dombóvár (87–65 folyókm) közötti szakasza mentén (összehasonlításként a Bükkösdi-víz árterének adatai) (Lóczy et al. 2011)

<i>Kapos (Kaposvár – Dombóvár szakasz)</i>	<i>az alkalmazott elhatárolási eljárás</i>			
	<i>gradiens-különbség*</i>	<i>MrVBF*</i>	<i>görbülség*</i>	<i>archív térképek interpretációja</i>
terület (km <sup>2</sup> )	171,5 (146,1%)	114,4 (97,4%)	150,8 (128,4%)	117,4
legkisebb szélesség (m)	285 (180,4%)	172 (108,9%)	255 (161,4%)	158
legnagyobb szélesség(m)	1950 (158,0%)	1652 (133,9%)	1770 (143,4%)	1234
<i>Bükkösdi-víz</i>				
terület (km <sup>2</sup> )	18,04 (110,0%)	16,3 (99,4%)	16,4 (100%)	16,4
legkisebb szélesség (m)	29,5 (136,6%)	33,4 (154,6%)	34,6 (160,2%)	21,6
legnagyobb szélesség(m)	1671 (119,1%)	1561 (111,3%)	1652 (117,7%)	1403

\* Az archív térképek interpretációjával megállapított adatok százalékában

A korabeli Kapos felső szakaszán általánosságban a meanderező, az alsón a szövevényesen elágazó (anastomosisos) mintázat uralkodott. (A folyó egyes szakaszokon jóformán beleveszett a tözezlápokba.) A frissen alámosott ártérperemek felmérése szerint a völgyi korlátozottság korábban a III. és a VI. szakaszon lehetett a legerősebb (a C és D típusú lejtők dominanciája jelzi).

2. Az ártér szakaszokra bontása (az LPI index görbéjének futása, ill. a szakaszokat jellemző statisztikai értékek szerint) után megállapítható, hogy a Kapos ártere – viszonylag kis hossza ellenére – nem oszlik egyszerűen felső, középső és alsó szakaszra (3. ábra; 5. táblázat).





3. ábra A Kapos-ártér szakaszai az LPI index görbéje alapján a forrástól a torkolatig. A vízszintes tengelyen a folyókilométer értékei olvashatók; az oszlopok azt mutatják, hány régi meder keresztezi km-enként a Kapos-csatorna gátjait

Geomorfológiai szempontból a Kapos árterének egyes szakaszait így lehet jellemezni:

I. A legfelső szakaszon valódi ártér nincs (pontosabban szélessége a DEM horizontális hibahatárán belülre esik). Az LPI értékek 0,2 feletti.

II. Fokozatosan szélesedő, eleinte nem folytonos ártér. Az esés és az LPI értéke még viszonylag nagy és meglehetősen állandó (az LPI szórása kicsi). A völgy szélesség és a régi medrek kanyargóssága a sok mellékvízfolyás becsatlakozása miatt változó.

III. Az Orci- és a Surján-patak kétoldali befolyása alatti szakaszon az ártér jelentősen kiszélesedik, az LPI lecsökken, de görbéje meredek csúcsokat mutat. A völgyi korlátozottság is tovább mérséklődik, ugyanakkor megnő a relatív relief és eléri első maximumát.

IV. A Baranya-csatorna torkolata alatt az ártér szélessége jelentősen ingadozik, az esés állandó és kis mértékű, a relatív relief is stabilizálódik.

V. A jelenlegi Kapos-csatorna alaprajzi futásából már nem mutatható ki az a változás, amely a Völgyesség és a Tolnai-hegyhát határán következik be. Az esés kissé megnő, ugyanakkor az ártér kiszélesedik. Az öblözetek és a szűkületek váltakozása még markánsabbá válik. A széles árteret szövevényes (gyakran a lápokba belevesző) mederrendszerek alakították ki. Jelentősebb mellékvizek a Koppány torkolatáig a bal parton sem ömlenek a Kaposba. Az LPI index értékeinek tartománya és szórása nő.

VI. Az utolsó 28 km-en, a valamivel a Koppány torkolata alatt, a Fürgedi-patak befolyásánál kezdődő alsó szakaszon a völgyaszimmetria (relatív relief) és a völgyi korlátozottság tovább fokozódik. Mérséklődő esés mellett a tágulatok-szűkületek váltakoznak, az LPI számos helyi maximumot mutat.

5. táblázat A Kapos-ártér szakaszai az LPI index alapján

<i>a szakasz sorszama</i>	<i>határai (folyó km)</i>	<i>LPI értéktartomány</i>	<i>az LPI átlagértéke</i>	<i>LPI szórása</i>	<i>LPI helyi maximumainak száma/10 km</i>
I.	112,7–109,2	0,2–1	0,429	0,309	5,7
II.	109,2–86,4	0,015–0,16	0,055	0,035	2,6
III.	86,4–68,7	0,013–0,046	0,017	0,192	2,8
IV.	68,7–49,5	0,012–0,015	0,013	0,0007	0,3
V.	49,5–28,2	0,012–0,031	0,026	0,007	1,4
VI.	28,2–0	0,012–0,058	0,023	0,006	2,1
<b>teljes folyó</b>	<b>0–112,7</b>	<b>0,012 –0,987</b>	<b>0,047</b>	<b>0,108</b>	<b>1,8</b>

3. A tájszerkezetet is a megállapított ártérszakaszok szerint értékeltük, és jelentős különbségeket találtunk. Az  $\alpha$ - és  $\gamma$ -index értékei azt mutatják, hogy a legfelső szakaszon a csomópontok és az összeköttetések száma egyaránt nagy (6. táblázat).

6. táblázat Az  $\alpha$ - és a  $\gamma$ -index értékei a Kapos-ártér különböző szakaszain

<i>szakasz sorszama</i>	<i>folyó-kilométer</i>	<i>település</i>	<i>csomópontok száma (V)</i>	<i>kapcsolatok száma (L)</i>	<i><math>\alpha</math>-index</i>	<i><math>\gamma</math>-index (%)</i>
I	107–100	Kaposfő	68	110	0,328	55,55
II	97–92	Kaposújlak	59	71	0,106	41,52
III	74–68	Kaposhomok	49	62	0,136	43,97
IV	52–38	Kurd	177	250	0,212	47,62
V	30–24	Szakály	171	183	0,039	36,09

A megfigyelhető csomópontok száma ugyan részben a kiválasztott kivágat felszínborítottságától függ, az összekapcsoltsági mutatók értékei azonban már inkább lehetővé teszik a szakaszok közötti összehasonlítást. Az  $\alpha$ -index egyharmados összekötöttséget jelez, a  $\gamma$ -index értéke meghaladja az 50%-ot, tehát az összekapcsoltság foka magas. Az árterre ugyan a csomópontoknak alig egytizede esik, de az árteret érintő, ill. azt a környező domboldalakkal összekötő kapcsolatvonalak száma 24, ami az összes kapcsolat 22%-a. A Kapos bal partján sokkal ritkább a hálózat, mint a magasabb fekvésű, erdős jobb parton (a Zselicben).

A II. ártérszakaszon, Kaposújlak környékén valamivel kisebb a csomópontok száma, viszont jóval kevesebb közöttük a kapcsolat, így az indexek értékei is lényegesen alacsonyabbak. (Kaposvár belterületén a vizsgálat a beépítettség miatt nem végezhető el.) A mellékvölgyek ártereivel együtt összesen 15 (25%) ártéri csomópont regisztrálható, a kapcsolatok közül 22 (31%) érinti az árteret. Kedvezőtlen viszont, hogy a Kapos bármelyik partját vizsgáljuk is, csak az összhossz kb. 20%-án vannak kapcsolatok, holott a felsőbb szakaszon, a jobb parton ez az arány még közel 100% volt. Megállapítható, hogy a bal parti hálózat tovább ritkul.

Az ártér következő szakaszán, Kaposhomok környékén – bár kevesebb a csomópontok is, a kapcsolat is – az indexek értékei mégis kisebb emelkedést mutatnak. Ez az emelkedés jelentős részben a Kapost kísérő, Kaposvár–Dombóvár vasútvonal menti zöld folyosónak köszönhető, amely a lehetséges összekapcsoltságot mesterségesen megnöveli. A Kapos bal parti töltése mentén folytonos az összeköttetés, alig kapcsolódik viszont az ártérhez a jobb parti, zselici dombok – egyébként sűrű – ökológiai hálózata. (A folyó itt már olyan széles, hogy összekapcsoltság szempontjából a két partját külön-külön kell kezelni.) Az ártéren 15 (meglehetősen kis területű, „gyenge”) csomópont van, tehát az összes 30%-a, a kapcsolatokból viszont 26 (42%) esik az ártérre, ebből azonban a mesterséges (vasúti vagy árvízvédelmi töltés menti) összeköttetések 50%-ban részesednek.

A Kapos Dombóvár alatti szakasza, a IV. ártérszakasz a hirtelen folyásirány-váltások és kiszélesedések, összeszűkülések miatt tájökölógiai szempontból is különlegesen érdekes. A szűkületekben rendszerint települések terülnek el, így csak az öblözetek tájszerkezetét lehetett vizsgálni. A csomópontok száma azért nagy, mert a Tolnai-hegyhát erdeire tökéletes összekapcsoltság jellemző. Ugyanakkor az ártéri lapályokon sok a csomópont (az ártéren összesen 67 csomópont, 38%), jó az összekötöttség, de kevés (17, alig 7%) kapcsolat az ártér határán keresztül. A Kapos mentén csak a kurdi szűkületben alakult ki hosszabb, folyamatos folyosó, amely kedvező módon biztosít összeköttetést két szomszédos völgytágulat között.

Az V. számú ártérszakasz bemutatására Szakály környékét választottuk. Az ártéren ugyan 26 csomópont alakult ki (főleg vizes élőhelyeken), de ezek kapcsolata a Dél-Külső-Somogyi-dombság felé szegényes. Az általános összekapcsoltság is a legalacsonyabb az eddig tárgyalt szakaszok közül: az  $\alpha$ -index értéke egy nagyságrenddel alacsonyabb minden eddigénél, az  $\gamma$ -indexé is csupán 36%, tehát a lehetséges kapcsolatoknak mindössze alig több mint egyharmada valósul meg.

Az itt kezdődő VI. szakasz földhasználata annyira ellentétes az ártér két oldalán (jobb parti összefüggő erdőségek, bal parti szántóföldek), hogy a „hurkok” módszere nyilvánvalóan nem alkalmas a jellemzésére (Lang & Blaschke 2007).

Végeredményben elmondható, hogy összekapcsoltság szempontjából csupán az I. szakasz minősíthető jónak. Különösen a II. és a III. szakaszon hiányosak a folyó menti összeköttetések, amit az ártér helyreállításának tervezésekor figyelembe kell venni. Különösen a bal parti (külső-somogyi) térhálózat válik egyre ritkábbá a folyón lefelé haladva, ami a völgyaszimmetria közvetett megnyilvánulása.

A módszer kipróbálásából kitűnt, hogy a mutatók inkább csak viszonylag nyílt, ligetes tájakon használhatók. Az összefüggő erdők, ill. az intenzív mezőgazdaság területein nem jellemző ez a „hurkos” tájszerkezet, nehéz csomópontokat és kapcsolatokat meghatározni.

Az ártérperemi kritikus övek folytonossága szempontjából az ártér szakaszai közül (az I.-n kívül) a IV. és V. számúak is megfelelő állapotúak (7. táblázat). A folyó alsó szakasza mentén az ártérszegély növényzete kevésbé hatékony, a parti sáv 50% feletti erdősültsége viszont elfogadható mértékű védelmet nyújt a mezőgazdasági eredetű vízszennyeződés ellen.

7. táblázat A 100 m széles ártérszegély földhasználatának folytonossága a különböző ártérszakaszokon (Lóczy D.)

szakasz sorszama	a folyószakasz hossza (km)	erdős, bokros szegély területe (km <sup>2</sup> )		természetközeli növényzetsávok a szegélyszávon	
		bal	jobb	összterülete (km <sup>2</sup> )	aránya (%)
III.	17,7	0,88	1,63	2,51	25,35
IV.	19,2	1,19	2,14	3,34	30,38
V.	21,3	1,12	2,07	3,19	30,31
VI.	28,2	1,96	1,52	3,48	27,21

4. A 2010 nyári elöntési helyzet távérzékeléses vizsgálata azt mutatta, hogy egy nagyobb elöntés is inkább csak az ártér alacsonyabb szintjét jelöli ki, az ártéri lapályok, feltöltött morotvák és az ártérperemi, hordalékkúpok elgátolta mélyedések kerülnek víz alá. Az ártér antropogén formái (maguk az árvízvédelmi töltések, a vasút és a burkolt utak töltései, de még a földutak, valamint csatornák depóniái is) erősen befolyásolják a belvízelöntés kiterjedését.

A Kapos ártér egyik kulcsfontosságú szakaszáról (V. szakasz), a Koppány torkolatának környékéről részletes – geomorfológiai alapon szerkesztett – talajtérképet készítettünk. A kirajzolódó talajfoltok jól követik a felszínformák eloszlását: a homokos folyóhátakon humuszkarbonátok, az ártéri lapályokban kotus réti talaj, lápföld található. A térképen azonosíthatók a réti talajoknak azok az altípusai, változatai, amelyek csapadékos időszakokban – különböző gyakorisággal – víz alá kerülhetnek: lápos réti talaj, kotus réti talaj, lápföld, tőzegetes réti talaj.

5. A két nagyobb öblözetre termőképességi osztályozást készítettünk, amely szerint a szántóföldi művelés számára az ártér löszleomosódással megemelt, humuszos homok talajú peremei és a függőlegesen alig tagolt sík felszínei a legkedvezőbbek. Ezeket a burkolt közutak vagy a vasúti pálya töltései – az ártér esetleges vízrendezése, rehabilitációja után is – megvédi az elöntéstől. Az élénkebb domborzatú IV–VI. ártéri szakaszon kevésbé javasolható a nagyobb táblák kialakítása és intenzív művelése. Mint az ártereken általában, a Kapos mentén is a gyepgazdálkodás a természetvédelmi szempontból leginkább megfelelő földhasználati forma. Helyenként a kisparcellás, kertszerű művelésben folytatott zöldségtermesztés felel meg a legjobban az adottságoknak, pl. a jól kihasználható öntözési lehetőségeknek.

6. A tágas öblözetekben az ártér helyreállíthatósági potenciálja viszonylag nagy. A geomorfológiai megfigyelések, tájszerkezeti elemzések és talajvizsgálatok alapján megfogalmazott átalakítási javaslatok érintik a Kapos vonalvezetését, a gátak és a vasútvonal áthelyezését, a földhasználatot (új kultúrák bevezetését). A meanderező, ill. részben a szövevényesen elágazó mintázat helyreállítása nem csupán a folyómedret tenné természetesebbé, hanem elősegítené az ártéri vízvisszatartást (beszivárgást), valamint teret teremtene a természetvédelmi szempontból fontos új, de a már meglévőkhöz kapcsolható vizes élőhelyeknek is.

A célkitűzésben megfogalmazott kérdésekre tehát az alábbi válaszok adhatók:

1. A szabályozások előtti tényleges (tehát a jelenlegi mentesített) ártér kiterjedésének – a lehetőségekhez képest pontos meghatározása az ártérhelyreállítás tervezésének alapadata. Az ártérperemi lejtőprofilok elemzése is segítette a határ megvonását. Az alkalmazott térinformatikai módszerek közül ausztrál völgyfenék index (MrVBF) bizonyult a legmegfelelőbbnek. Az öblözetekben alámosott homorú lejtők, konvex-konkáv lejtőlábak erős laterális erózió jelei.

2. Az általunk kidolgozott LPI index pontosabb szakaszbeosztást tesz lehetővé, mint Nanson és Croke módszere. Az indexnek nem csupán értéktartománya alkalmas az ártérszakaszok megkülönböztetésére, hanem görbéjének általános lefutása (a maximumok gyakorisága), ill. az LPI értékek szórása is. Szembetűnő, hogy az index alapján kijelölt szakaszok nem felelnek meg teljesen annak a tagolásnak, amely a Kapos-csatorna jelenlegi térképi futásából, irányváltozásaiból, „kanyargósságából” következne. A kutatás eredményei azt igazolják, hogy az ártér hosszirányú tagolásának árvízvédelmi, földhasznosítási és tájrehabilitációs jelentősége is van.

3. Az ártér tájszerkezetére rányomja a bélyegét a folyószabályozás okozta káros fragmentáció. A Kapos-csatorna mentén csak kivételesen, helyenként tudott kialakulni olyan növényzetsáv, amely hatékony tompító öv, ill. ökológiai folyosó szerepet tudna betölteni. Az öblözetekben végzett talajtérképezés feltárta, hogy a talajok eloszlásának jobban megfelelő földhasználat kialakítása és élőhelyrekonstrukció kompaktabb alakú foltszerkezetet, valamint sűrűbb ökológiai hálózatot eredményezhetne. Az ártér tágabb környezetének tájszerkezetére vonatkozó, az  $\alpha$ - és a  $\gamma$ -index kiszámítása, valamint az ártérszegélyi kritikus sávok folytonosságával kapcsolatos vizsgálatok szakaszonként különböző eredményekkel jártak. A táji gradiensek továbbfejlesztésével az összekapcsoltság elsősorban a II. és a III. szakaszon javítható.

4. A tájszerkezet hiányosságai gátolják az ártér árvízvédelmi (vízvisszatartási), élőhelyi (vándorlási útvonal) és egyéb funkciók betöltését. Az időszakosan ismétlődő elöntések ugyan vizes élőhelyeket hoznak létre, de ezek az intenzív mezőgazdasági hasznosítású tájban rendszerint elszigeteltek maradnak. Pozitív élőhelyi hatásukat a gyenge konnektivitás miatt csak korlátozottan tudják kifejteni.

5. Az ártér mezőgazdasági hasznosításában lényeges kritérium, hogy a termesztett növények milyen tartós elöntést képesek elviselni. Az árvizek kiszámíthatatlansága miatt a szántóföldi művelést az ártérszegélyi löszös és a magasabb fekvésű, a folyómedertől távolabb eső térszínekre kell korlátozni. A IV-VI. szakasz morotvainak és az ártéri lapályainak területén a természetvédelemnek kell prioritást kapnia.

6. A geomorfológiai (öblözetek/ szűkületek, völgy- és ártéraszimmetria, összetett medrek) és a tájszerkezeti vizsgálatokkal feltárt sajátosságokat figyelembe kell venni a helyreállítás megtervezésekor. A Kapos mentén a helyreállítás fő céljai a következőkben foglalhatók össze:

- Az 1999., 2005. és 2010. évi események az árvizek elleni védekezés fontosságára hívják fel a figyelmet, ami az ártér vízrendezésével és földhasználatával is szorosan összefügg.

- Az éghajlat fokozatos szárazodásával nem csak az ártér árvíz-levezető, hanem vízvisszatartó és természetvédelmi funkciója (vizes élőhelyek fenntartása) is egyre nagyobb hangsúlyt kap. Ebben a tőzeglápok helyén kialakult talajok szerepe kiemelkedő.

- Az ártéri tájszerkezet, az ökológiai hálózat fejlesztése összeköttetést teremtene Ny felé a Balaton-Boronkamellék ökológiai folyosó, K felé a Duna ártere, É felé pedig a Koppány völgye irányában, a tompító övek a jelenleg rossz vízminőséget is javítanák.

- Az ártéri gazdálkodás (mezőgazdálkodás, halastavak, esetleg lápföld kitermelése) összehangolandó a környezetvédelmi szempontokkal.

A villámárvizek kutatásával kapcsolatos eredményeket az lábbiakban lehet összegezni.

1. Komoly különbségek vannak a hagyományos folyami árvizek és a villámárvizek megjelenésében, lefolyásában és ezzel összefüggésben előrejelzésük módjában is (Czigány et al. 2010). Az első és legfontosabb különbség az összegyülekezési és a levonulási időben tapasztalható: a klasszikus folyami árvizek napos, esetleg több napos időintervallumával szemben a villámárvizek esetében fél órától 6 óráig terjedhet (Grundfest & Ripps 2000). Ez nagyban megnehezíti a gyors előrejelzést és a védekezést. Hiszen kicsi az időelőny, azaz kevés az idő telik el a vészjelzés kiadása és az esemény megtörténte között. A gyors lezajlás miatt monitoring rendszer hiányában nehéz pontos képet kapnunk az esemény lefolyásáról. Ilyen esetben a folyamat terepi megfigyelésére szorítkozhatnánk, azonban az előrejelzés és helyszínre érkezés közötti időszakban már rég lejátszódott az árvíz, és csak, a kártételekből tudjuk rekonstruálni a folyamatot.

2. A villámárvizek kutatásához elengedhetetlenek a vízrajzi, hidrológiai ismeretek. A Dél-Dunántúl vízrajzi szempontból számos vízgyűjtőre osztható. A terület déli szélén elhelyezkedő Drávamenti-síkság, valamint a keletről benyúló Dunamenti-síkság és Mezőföld kivételével sűrű vízhálózatú hegy- és dombvidék. Markáns vízvásztónak csak a Mecsek, illetve a Villányi-hegység tekinthető. A vízfolyások két nagy befogadóba, keleti felé a Dunába, ill. délre a Drávába torkollanak. A teljes vízhálózat hosszúsága 10 000 km, amelyből több mint 8000 km hegy és dombvidéki vízfolyásokra jut. A legnagyobb hegy- és dombvidéki vízfolyások a Kapos, a Koppány, a Baranya-csatorna, a Pécsi-víz, a Bükkösd-víz, a Karasica, a Völgységi-patak melyeket több kisebb további vízfolyás táplál. A korábbi években a kisvízfolyásokon a több záportározó is épült, éppen a hirtelen konvektív csapadékok levonulásának lassítására.

3. A csapadék és az árvízi vízhozam között természetesen szoros összefüggés van. A villámárvizek legfontosabb kiváltói a hirtelen lehulló, nagy intenzitású csapadékok. Jelenleg a magyar biztosítók a napi 30 mm küszöbértéket meghaladó csapadékesemény utáni kárt térítik meg, ha ezt az eseményt a OMSz igazolja. Tekintve, hogy a villámárvizeket általában valamilyen konvektív esemény váltja ki, amelynek a kiterjedése legfeljebb 5-10 km, fontos, hogy minél pontosabban meghatározzuk a csapadékesemény által érintett területet.

A villámárvizek fellépését a 2010 májusi események példáján tanulmányoztuk (DDKÖVIZIG 2010). Május közepén egy nyugaton hullámzó frontzóna előoldalán tartós DNy-ÉK-i magassági áramlási rendszer uralkodott a Földközi-tenger közepső és nyugati medencéjében, ill. Közép- és Dél-Európában, amely majdnem egy egész héten át statikusan fennállt a teljes troposzférában. Ebben az időszakban meleg és nedves légtömegek érkeztek a

Kárpát-medencébe. Május második hetében már sokfelé voltak zivatarok, majd 15-én elérte térségünket egy, a frontzónáról leszakadó mediterrán ciklon. Ez az alacsony nyomású rendszer a Kelet-Európai-síkság felett található anticiklon miatt nem tudta elhagyni Közép-Európát. A nagy nedvességtartalmú ciklon jelentős mennyiségű csapadékot hozott az egész országban, csak kevés térségben nem volt rendkívüli a helyzet. A ciklon 3-4 nap leforgása alatt itt gyengült le, és veszítette el kihullható víztartalmát.

A május 16-ai áradások klasszikus villámárvíznek tekinthetők, bár a csapadékesemény szempontjából nem teljesen tipikusak, mert klasszikus helyi lokális maximumokkal jellemezhető feláramlások nem alakultak ki. Mégis katasztrofálissá váltak, hiszen már május 15-én is erős esőzés érintette a Dél-Dunántúl jelentős részét, kiemelten a Baranya- és a Hábci csatorna, valamint a Bükkösi-víz felső, legmeredekebb vízgyűjtőjét, ahol a legrövidebb az összegyülekezési idő. Tehát ún. előáztatás történt, a talaj telítetté vált és szinte betonfelszínként viselkedve vezette le a csapadékot. A talaj később sem tudott teljesen kiszáradni, hiszen a május 1-je és június 16-a közötti 46 napos időszakban, a csapadékos napok száma minden OMSz mérőhelyen meghaladta a 21 napot. Több mérőhelyen a csapadék elérte, sőt meghaladta a teljes éves csapadékmennyiség 50 %-át.

4. A veszélyeztetettséget vízgyűjtőkre kell meghatározni, hiszen a vízgyűjtő paraméterei befolyásolják a lehetséges árvizek lefolyását, az árvíz hatásai pedig a vízgyűjtők kifolyási pontjain jelentkeznek leginkább. Dél-Dunántúlon 219 hegy- és dombvidéki vízgyűjtőt határoztunk meg. Átlagos kiterjedésük  $42 \text{ km}^2$ , a legkisebb modellvízgyűjtő  $2 \text{ km}^2$ , míg a legnagyobb  $300 \text{ km}^2$  volt.

A passzív hatótényezőket igen nagy biztonsággal tudjuk meghatározni, a csapadék lokalizálása viszont sokkal nehezebb feladat (Bálint & Szilágyi 2001). Továbbá, ha a passzív tényezők összhatásából állapítjuk meg a veszélyeztetettséget, akkor azon a területen egy átlagosnál nagyobb csapadékesemény biztosan árvizet okoz. Dél-Dunántúlon szinte bárhol előfordulhat hirtelen árvizet okozó esemény 10 év alatt.

A környezeti tényezőket 50 m-es felbontású raszteres állományokból olvastuk ki. Az alapadatokat átlagos felbontása miatt a veszélytérkép közelítő méretaránya 1:100 000 és 1:250 000 közé tehető. A vizsgált környezeti paraméterek három nagy csoportba sorolhatók:

- a domborzat, valamint a domborzatból levezethető paraméterek;
- a felszínborítottság/földhasználat;
- a vízrendszer paraméterei.

A domborzat tulajdonságai közül a veszélyeztetettség szempontjából három tulajdonságot választottunk ki: a lejtő átlagos meredekségét a vízgyűjtőn; a lejtőtartományt (a vízgyűjtő legmeredekebb és leglankásabb lejtőjének különbségét), valamint a völgyűrsűrűséget. A felszínborítottság/földhasználat szempontjából négy, a felszíni lefolyást, a beszivárgást és az intercepciót befolyásoló paramétert vizsgáltunk: a lefolyást (az összegyülekezést) elősegítő kopár felszín arányát a vízgyűjtőn, az erdők elhelyezkedését, a talaj fizikai féleségét és vastagságát, valamint a felszínközeli kőzetek közül a karbonátos típusok megjelenését.

Az állandó vízfolyások, a vízhálózat értékelése két lépésben történt: Először meghatároztuk, hogy egy adott vízfolyás hány kisebb vízfolyásból kap utánpótlást (összefolyási pontok), valamint megadtuk, hogy a vizsgált vízgyűjtőn milyen sűrű a vízhálózat.

A vizsgált paraméterek térinformatikai integrálásával olyan adatbázist építettünk fel, egyrészt gyors elemzésre (rapid screening) alkalmas, másrészt hátrajelzést (hindcast), azaz megtörtént események természetföldrajzi körülményeinek sokoldalú és megbízható rekonstrukcióját teszi lehetővé.

## Hivatkozások

- Bálint G. & Szlávik L. 2001. Hegy- és dombvidéki kisvízfolyások szélsőséges árvizeinek vizsgálata. Kézirat, Budapest
- Brierley, G.J. & Fryirs, K.A. 2005. *Geomorphology and River Management. Applications of the River Styles Framework*. Blackwell Publishing, Carlton, Victoria. 398 p.
- Burt, T.P. & Haycock, N.E. 1996. Linking hillslopes to floodplains. In: Anderson, M.G., Walling, D.E. & Bates, P.D. (eds): *Floodplain Processes*. John Wiley and Sons, Chichester – New York. 461-492.
- Csorba P. 2008. Tájhatárok és foltgrádiensek. In: Csima P. & Dublinszki-Boda B. (szerk.): *Tájökológiai kutatások*. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest. 83-89.
- Czigány Sz., Pirkhoffer E., Balassa B., Bugya T., Bötkös T., Gyenizse P., Nagyvárad L., Lóczy D. & Geresdi I. 2010. Villámárvíz mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. *Földrajzi Közlemények* 134.3. 281-298.
- DDKÖVIZIG 2010. Az esőzések miatt kialakult helyzet Dél-Dunántúlon.  
<http://www.ddkovizig.hu/magyar/hirek>
- Dömsödi J. 2011. Földminősítés és földértékelés. Szent Gellért Kiadó, Budapest. 155 p.
- Frissell, C.A., Liss, W.J., Warren, C.E. & Hurley, M.D. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10.2. 199-214.
- Forman, R.T.T. & Godron, M. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, New York. 620 p.
- Grundfest, E. & Ripps, A. 2000. Flash floods. In: Parker, D.J. (ed.): *Floods 2002*. Vol. 1. Routledge, London – New York. 377-390.
- Junk, W.J., Bayley, P.B. & Sparks, R.E. 1989. The flood-pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.
- Lang, S. & Blaschke, T. 2007. *Landschaftsanalyse mit GIS*. Eugen Ulmer, Stuttgart. 404 p.
- Lóczy D. 2011. A Kapos árterének hidromorfológiai és tájökológiai értékelése. MTA doktori értekezés. Pécs.
- Lóczy, D., Pirkhoffer, E. & Gyenizse, P. 2011. Geomorphometric floodplain classification in a hill region of Hungary. *Geomorphology*. doi: 10.1016/j.geomorph.2011.06.040
- Lóczy, D., Pirkhoffer, E. & Czigány, Sz. 2012. Flash flood hazards. In: Kumarasamy, M. (ed.): *Studies in Water Management I*. InTech Publishing, Rijeka. 27-52.  
<http://www.intechopen.com/articles/show/title/flash-flood-hazards>
- Müller, F. 1998. Gradients in ecological systems. *Ecological Modelling* 108. 3-21.
- Nanson, G.C. & Croke, J.C. 1992. A genetic classification of floodplains. *Geomorphology* 4. 459-486.
- Pirkhoffer E., Czigány S. & Geresdi, I. 2009. Impact of rainfall pattern on the occurrence of flash floods in Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie* 53. 2. 139-157.
- Poole, G.C. 2002. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwater Biology* 47. 641-660.
- Smith, M.P., Schiff, R., Olivero, A. & MacBroom, J. 2008. *The Active River Area: A Conservation Framework for Protecting Rivers and Streams*. The Nature Conservancy, Boston, MA. 64 p.  
[http://www.floods.org/PDF/ASFPM\\_TNC\\_Active\\_River\\_Area.pdf](http://www.floods.org/PDF/ASFPM_TNC_Active_River_Area.pdf)
- WWF International 2010. Assessment of the restoration potential along the Danube and main tributaries. Working paper for the Danube River Basin. Final Draft. World-Wide Fund for Nature, Vienna. 60 p.  
[http://assets.panda.org/downloads/wwf\\_restoration\\_potential\\_danube.pdf](http://assets.panda.org/downloads/wwf_restoration_potential_danube.pdf)