

A Tiszai vízjárás változások valószínű okai

Gönczy Sándor, Molnár József

Kárpátaljai Magyar Tanárképző Főiskola,
Beregszász

Abstract

The control of the Tisza from the 18th century significantly changed the flood plains along the river, its ecology, hydrology, load transport and the bed development. The unexpected huge floods of the river in recent years underlined the searching the reasons in the area of the Upper-Tisza and especially Subcarpathia. The research carried out by the authors involved the examination of the effects of afforestation, the analysis of the runoff and the characteristics of the drainage basin and the modelling of the infill and sedimentation along the river in Subcarpathia. The results prove that the effects of a forestation are less than it was suggested. The infill of the flood plain of the dammed section between Nagyszőlős (Vinogradov) and Tiszaújlak (Vilok) is found to be 29,1 cm for 38-km² total areas. The authors also found that the intensively infilling parts significantly impound the river without dredging and bed alignment.

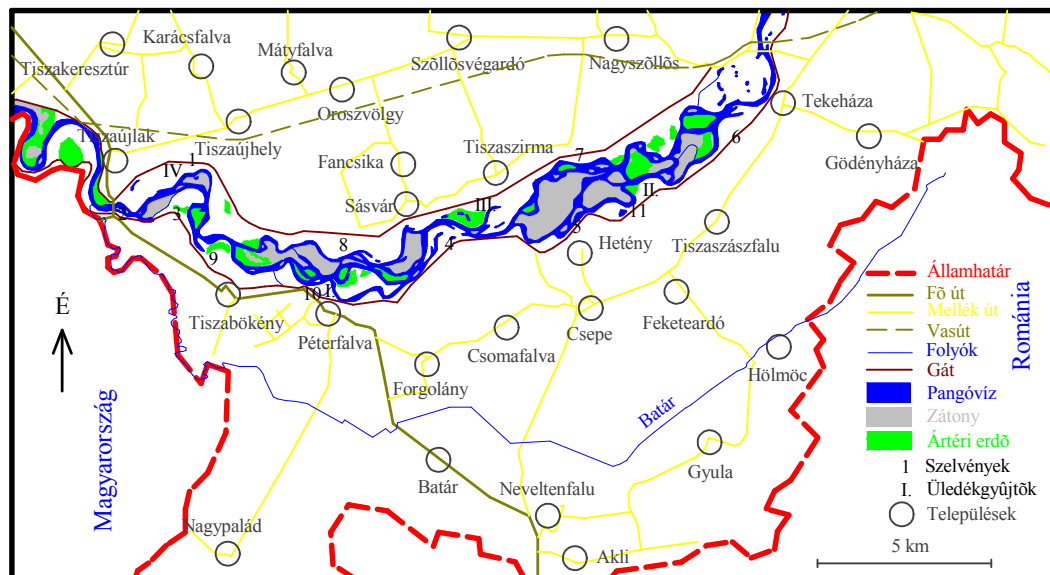
Bevezetés

Kárpátalján az utóbbi években két alkalommal, 1998 novemberében és 2001 márciusában katasztrófális méretű árhullámok pusztítottak. A Felső-Tiszán levonuló árhullámok gyakoriság-változásainak, illetve ezek okainak feltárására kezdtünk kutatásokat az *Arany János Közalapítvány* támogatásával.

Az árvizek, illetve a folyók mederváltozásaival szembeni védekezés történhet passzívan és aktívan (MIKE, 1991). A fejletlen társadalmak települései passzív védekezésként kitérnek a meanderező folyó útjából. Az aktív védekezés a folyók szabályozása, gátak közé szorítása. Magyarországon a korán jelentkező szabályozások okai:

- A folyó menti települések között a kereskedelem legegyszerűbben és legolcsóbban a folyami hajózással volt megoldható, ami igényelte a mederkarbantartást.
- Aszályos időszakokban nélkülözhetetlen az öntözés, melyhez csatornákat kellett építeni, ami csak stabil medrű folyók esetében lehetséges. Ilyenekre az Alföldön a XIV. századtól vannak bizonyítékok (Somogyi, 2000).
- A folyamatosan terjeszkedő, folyó menti településeken meginduló iparosodás következtében szinte lehetlenné vált a passzív védekezés. Szükségessé vált az aktív, a folyót „kordában tartó” védekezés.
- A XVIII. században a hazai mezőgazdasági termékeket jó áron és növekvő kereslet mellett lehetett Európában értékesíteni. („1790-ben egy pozsonyi mérő búza ára Bécsben 30–40 garas volt, ami 1806-ban 4-Ft-ra, 1817-ben 5-Ft fölé emelkedett” – Somogyi, 2000). Az ármentesítéssel egyre több szántót lehetett mezőgazdasági művelés alá vonni.
- A meanderező, kis esésű Tiszán egy-egy árhullám hónapokig vonult le, mocsárrá változtatva az Alföld területéből mintegy 2 000 000 hektárt (Mike, 1991). Folyószabályozásokkal, az esés növelésével és a meder kiegyenesítésével ez az állapot kikerülhető lett.

Az első jelentős folyószabályozási beruházást 1754-ben a Mirhó-fok gátjának megépítése jelentette, aminek következtében a Nagykunság 500 km²-nyi területe vált árvízvédeletté. Az igazi, nagyszabású munkálatok 1846-ban kezdődtek VÁSÁRHELYI Pál tervei alapján, SZÉCHENYI István támogatásával, s a munkálatok lényegi része az 1870-es évekig befejeződött, kis részben 1905-ig elhúzódott (SOMLYÓDI, 2002).



A Nagyszőlős–Tiszaújlak közötti szakasz a vizsgálati pontokkal (Kárpátalja, Ukrajna)

Munkacsoportunk kutatásának irányai és módszerei

A kárpátaljai kutatásokat alapvetően három irányban indítottuk el:

- Az 1990 óta ugrásszerűen megnőtt tarvágások felmérése a Tisza vízgyűjtőjének hegyvidéki területein
- Lefolyási tényező-számítás a Tisza és mellékfolyói vízgyűjtőinek területén
- A hullámtér feltöltődésének vizsgálata

Az erdőirtások felmérésénél az 1994-re aktualizált alaptérképeink segítségével az erdősültségben azóta bekövetkezett változások új terepbejárások alapján ábrázolhatóvá váltak. Feltérképeztük a friss tarvágásokat, kiszámítottuk ezek területét, majd meghatároztuk az általunk vizsgált (belátott) terület nagyságát, megszorozva a megtett út hosszát a belátható hegyoldal átlagos szélességével (ez 600 méternek adódott). Az átlagos oldalirányú látástávolságot egyenlő útszakaszonként (5 km) végzett becslések átlagaként kaptuk.

A Tisza vízgyűjtő területe a tiszaujlaki szelvény felett 9311 km² (STELCZER, 2000). Ebből 5873 km² (63,1 %) Ukrajnába esik, a fennmaradó 3438 (36,9 %) pedig Romániába (ZASZTAVECKA et al., 1996). Vizsgálataink csak kárpátaljai részekre korlátozódtak, figyelembe véve azonban a két részterület domborzati, magassági, geológiai, éghajlati, növényzeti és ezeken keresztül hidrológiai viszonyainak a hasonlóságát. Az ukrajnai részvízgyűjtőre vonatkozó eredményeinket extrapolálhatónak ítéltük a románaira is.

Meghatároztuk a Felső-Tisza vízgyűjtőjének átlagos lefolyási tényezőjét Kenessey-módszerével (ALMÁSSY, 1977; KOZÁKNÉ et KOZÁK, 1985; KONTUR et al., 2001), aki a lefolyási tényezőt három részre bontotta: $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$. Ebben az α_1 a felszín lejtési viszonyait, α_2 a talaj beszivárgási feltételeit, α_3 pedig a felszint borító növénytakaró hatását fejezi ki). A forrásmunkák a Felső-Tisza vízgyűjtőhöz hasonló nedves területekre a következő összefüggéseket ajánlották:

- igen erős lejtő (> 35 %-os esés): $\alpha^1 = 0,30$
- közepes lejtő (11–35 %-os esés): $\alpha^1 = 0,20$
- szelíd lejtő (3,5–11 %-os esés): $\alpha^1 = 0,11$
- síkvidék (< 3,5 %-os esés): $\alpha^1 = 0,05$.

A Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjét 10 x 10 kilométeres négyzetrácsal fedtük. A vizsgált területre 58 rácspontra esett. A rendelkezésünkre álló 1:100 000 méretarányú térkép segítségével meghatároztuk a rácspontra lejtésértékeket százalékban, amelyeket a továbbiakban átalakítottunk α_1 értékké. Ez alapján:

- igen vízzáró talaj: $\alpha^2 = 0,30$
- közepesen átteresztő talaj: $\alpha^2 = 0,20$
- átteresztő talaj: $\alpha^2 = 0,10$
- igen átteresztő talaj: $\alpha^2 = 0,05$.

A felszint általánosan közepesen átteresztőnek minősítettük, melynek a teljes területre való kiterjesztését az egyveretű kőzetösszetétel (homokkő, flis) indokolta, így α_2 -t 0,20-nak választottuk. A növénytakaró alapján:

- kopár szilárd kőzet: $\alpha^3 = 0,30$
- rét, legelő: $\alpha^3 = 0,25$
- feltört művelt terület, erdő: $\alpha^3 = 0,15$
- zárt erdő, durva hordalék: $\alpha^3 = 0,05$.

Meghatároztuk a mederbe gyülekezés átlagos idejét az egész Felső-Tisza vízgyűjtőre vonatkozóan.

Terepi és térképi vizsgálataink, a szakirodalommal egybehangzóan, a Felső-Tisza vízgyűjtőjén a 20–30° közötti lejtőket találták uralkodónak. Ebből kiindulva, a *KORBÉLY–KENESSEY-képlet* 0,21–0,27 m/s-os lefolyási sebességet szolgáltatott a völgyoldalokon. A csapadékmagasságot is figyelembe vevő formula (STELCZER, 2000) 5 mm csapadék esetén 0,12–0,20, 10 mm-nél 0,33–0,57 m/s-ot. További számításainkhoz a terepi megfigyelések által is leginkább igazolt 0,2 m/s-ot használtuk, ami 0,72 km/h-nak felel meg.

A mederbe kerülési idő meghatározásához a terepfelszíni vízmozgás sebességén kívül szükségünk volt az úthosszra is. Tekintettel arra, hogy az Északkeleti-Kárpátokban, így a kutatási területen is, a folyóhálózat átlagos sűrűsége 2 km/km², joggal feltételezhetjük, hogy a terepre hullott csapadékvíz mederbe jutásig megtett útja többnyire nem haladja meg az egy kilométert. Vagyis a völgyoldalon mozgó víz többnyire szűk másfél óra alatt mederbe ér.

Nem hagyhattuk figyelmen kívül a lefolyás megindulásának késleltetését sem. Ez a növényzet átázására, a talajfelszín vízzel való telítődésére, a mikromélyedések feltöltődésére fordított idő. Intenzív, árvízvesztélyt okozó csapadék esetén ez nem több fél óránál. Ezt is számításba véve azt a következtetést vontuk le, hogy a Felső-Tisza vízgyűjtőjére hulló intenzív eső megindulása után két órával a felszíni lefolyó vizek gyakorlatilag az egész felszínről a mederbe jutnak.

A lefolyás mederben végbemenő szakaszának idejét szintén a sebesség és az úthossz alapján számítottuk. A keresztmetszvényben az áramlás sebessége pontról pontra változik, ám számunkra elegendő a középsebesség ismerete. A mederben kialakuló középsebesség számítását a *CHEZY-képlet* alábbi változata alapján végeztük:

$$v_k = C\sqrt{mI},$$

ahol m – az átlagos vízmélység (m), I – a vízfelszín esése, C – sebességi tényező, melynek értéke függ a meder érdességétől, alakjától és a vízszint esésétől is. A sebességi tényező *GANGUILLET–KUTTER* szerint:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{I}}{1 + (23 + \frac{0,00155}{I}) \frac{n}{m}},$$

ahol n – az érdességi tényező, értékeit változó medreknél SZRIBNIJ adta meg (ALMÁSSY, 1977).

A *hullámtér feltöltődésére* vonatkozó vizsgálatainkat Nagyszőlős (Vinogradovo) – Tiszaújlak (Vilok) közé koncentráltuk (1. ábra), ahol 1940–1950 körül történt ármentesítés (LÁSZLÓFFY, 1982).

A Tisza, forrásától számítva a Huszti-kapun kilépve épít szélesebb ártéri síkságot. Árvízi szempontból ez azért fontos, mert folyása innen kezdve lassul, és a rövid idő alatt ideérő ár hullám levonulása megtorpan. A folyó igazi szétterülése csak a Királyháza (Korolevo)–Nagyszőlős közötti szakaszon kezdődik, illetve a Nagyszőlős–Tiszaújlak közötti részen teljesebben ki, ahol a hordalék- és vízhozamot mellékfolyók nem befolyásolják. A folyót itt két híd (Tekeháza–Nagyszőlős és Tiszaújlak–Tiszabecs) határolja, s ezáltal jól számítható az általa érintett terület kiterjedése.

A hullámtéri feltöltődést két módszerrel kezdtük el vizsgálni. Egyrészt méréseket végeztünk arra nézve, hogy a töltéseken kívüli terület szintje mennyiben tér el a töltések közötti terület, pontosabban a hullámtér szintjétől, másrészt üledékfogó csapdákat helyeztünk ki a nagyvizek által egységnyi területre lerakott hordalék mennyiségének és minőségének mérése céljából. Tizenegy szelvényben végeztünk szintezést, a szelvények nyomvonalát az ártér különböző típusú területeit jellemzi. Terepakadályok miatt (ártéri erdők, bokrosok, oldalazó erózió) lecsökkent hullámterekben a szelvénykijelölés nem mindig sikerült szándékaink szerint. Az egyes szelvényeknél átlagos felszínmagasságot számítottunk. A „0” magassági szintnek a műszer szintjét vettük, az első műszerállásban. Az átlagszámításoknál súlyozott átlagokkal dolgoztunk a következő képlet alapján:

$$\bar{h}_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_i + h_{i+1}}{2} (L_i - L_{i+1})}{L_1 - L_n}$$

ahol: \bar{h}_s a szelvény átlagos magassága, h_i az i pont relatív magassága, L_i az i pont távolsága az első műszerállástól, $i = 1, 2, \dots, n$ a mérési pontok sorszámja.

Ezt követően helyeztük ki négy területen az üledékfogókat [I. Tivadarfalva, II. Feketeardó, III. Tiszaszirma és Sásvár között, IV. Tiszaujhely (1. ábra)]. Az üledékmérés különböző technikáit figyelembe véve (BOGÁRDI, 1955), olyan egyszerű csapda típust kerestünk (PVC fólia), ami 1 m^2 -es valódi felszínt reprezentál és sarkain rögzíthető. A pontok kiválasztásánál figyelembe vettük a hullámtéri szelvényeinket, valamint a magassági viszonyokat (magasabban fekvő az I., IV.; alacsonyabb a II., III.) a Tisza bal illetve jobb partján. A mintavételi területek révén reprezentálni igyekeztük a felszíni formákat is (2. táblázat).

A begyűjtött hordalékok szemcseösszetételét, és kumulatív görbéit aerométeres eljárás alapján nyertük a Debreceni Egyetem Ásvány-, és Földtani Tanszékének laboratóriumában.

A vizsgálati eredmények bemutatása

Az erdősültség változásának feltárására szervezett terepbejárások során 137 km^2 területet vizsgáltunk meg. Ez a Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjének 2,1 %-a. A terepbejárások során a nagyobb mellékfolyók mentén feltárt erdőirtások adatait az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

Folyóvölgy neve	Bejárt terület [ha]	Ebből erdő borította rész, [ha]	Feltárt friss irtások, [ha]	Friss irtás aránya az átvizsgált területen, [%]	Friss irtás aránya az erdőterületből [%]
Fehér-Tisza	1380	550	12	0,9	2,2
Kaszó	1120	650	1	0,1	0,2
Sopurka	780	500	0	0	0
Tarac	4140	2000	64	1,5	3,2
Talabor	2460	1100	44	1,8	4,0
Nagy-ág	3840	2200	135	3,5	6,1
Összesen	13 720	7000	256	1,9	3,7

Össességében az utóbbi nyolc év folyamán kiirtott erdőterület aránya a vízgyűjtőn a minta alapján 3,7 %-nak adódott. Ez a vizsgált terület erdővel való fedettségét átlagosan alig több mint 2 %-kal csökkentette. Ez önmagában a lefolyási tényezőnek csupán 0,005 értéknövekedését eredményezi.

Nem hagyhatjuk figyelmen kívül az erdők megújulását sem. A Kárpátok bőséges (a legtöbb helyen évi 1000 mm-t meghaladó) csapadékú lejtői a természetes megújuláshoz igen kedvező feltételeket kínálnak. Gyorsítja a folyamatot az erdőgazdaságok által több-kevesebb rendszerességgel végzett újratelepítés is. Az egy-két évtizeddel ezelőtti irtások jelentős részén megfigyeltük a lefolyási tényezőt nagymértékben mérséklő cserjés-bokros növénytársulások térhódítását. Össességében, vizsgálataink nem igazolták az erdőborítás jelentős csökkenését, sem a lefolyási tényező lényeges módosulását. Így a katasztrofális tiszai árvizek nem magyarázhatók a vízgyűjtőn az utóbbi évtizedekben bekövetkezett erdőirtásokkal.

A szakirodalom a vizsgált Tisza-szakasz maximális árvízi vízhozamát $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ -ban adja meg (Lászlóffy, 1982; Szilávik, 2001), mely a Királyháza–Tiszaujlak szakaszon katasztrofákat eredményezett. Révízióként kiszámítottuk a kritikus vízhozam kialakulásához szükséges átlagos fajlagos lefolyás értékét:

$$q = \frac{4000 \text{ m}^3/\text{s}}{9311 \text{ km}^2} = 0,43 [\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2].$$

A könnyebbség kedvéért a kapott értéket átalakítottuk vízréteg-magasságra és növeltük az időléptéket:

$$0,43 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2 = 0,43 \cdot 10^{-3} \text{ mm/s} = 1,55 \text{ mm/h} = 37,2 [\text{mm/d}].$$

Tehát, a Tiszának az Alföldre való kilépési pontján az árvízveszélyes hozam kialakulásához a vízgyűjtő átlagában napi 37,2 mm vastag vízrétegnek kell lefolynia, ehhez a napi csapadéértékéhez szükséges egy megfelelő lefolyási tényező. Ennek értékét rácspontonként határoztuk meg a helyi lejtő- és növényborítottság viszonyok alapján, a Kenessey-féle képletet alkalmazva.

A lefolyási tényező teljes területi átlaga a Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjére 58 számított érték átlagolása alapján 0,62-nak adódott, melyet a romániai részvízgyűjtőre is jellemzőnek tekintünk. Ez az érték az árvíz okozó nagyobb csapadékoknál érvényes, az évi átlag ennél kisebb, JAKUCS és KASZAB (1995) szerint

ennek 40–50 %-a. A fenti értékek alapján meghatároztuk a veszélyes mértékű fajlagos lefolyás kialakulásához az adott lefolyási tényező mellett szükséges csapadékintenzitás területi átlagát, amely:

$$P_1 = q/\dot{a} = 37,2/0,62 = 60 \text{ [mm/d]}$$

A Felső-Tisza vízgyűjtőjén területi átlagban számítható csapadéértékek közül tehát a napi 60 mm fenyeget katasztrofális árvízzel a folyó Királyháza és Tiszaújlak közötti szakaszán. Ez az érték az elmúlt száz évben Homokiné Újváry (2001) szerint három alkalommal fordult elő (1947. dec. 29., 1956. jan. 18.; 2001. márc. 3–4).

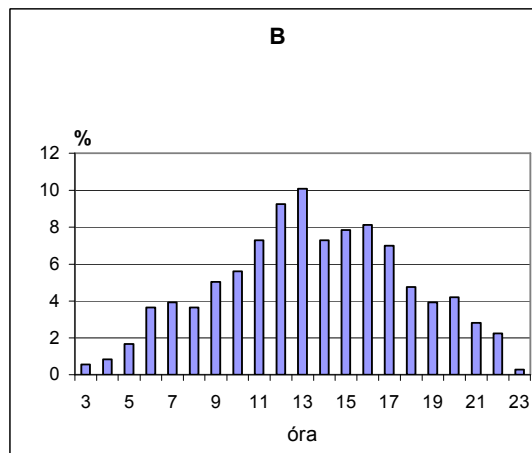
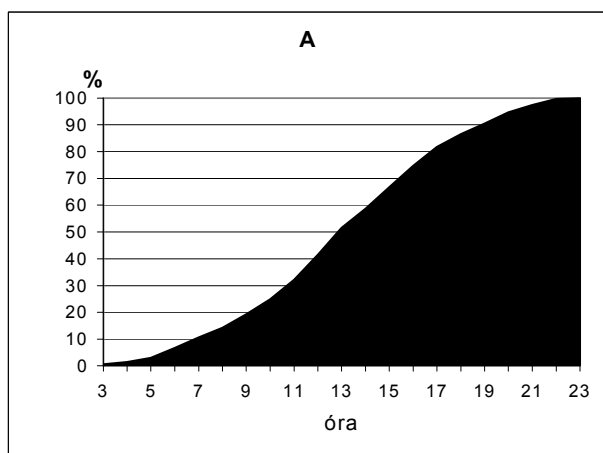
Az árvízszintek emelkedéséhez Csubatij (1972) szerint jelentősen hozzájárulhat az esőzéssel egyidejű hóolvadás, melynek intenzitása a Kárpátokban elérheti a napi 10–15 mm-t is. Különösen veszélyes az intenzív esőzésekkel együtt járó adveksiós eredetű hóolvadás, mivel az izolációs hóolvadással szemben, ez éjszaka sem szünetel. Így, a hólé mennyisége a veszélyes vízhozamoknak akár 20 %-át is kiteheti.

Tekintsük át az összegyülekezési idő számítását a teljes vízgyűjtőre, beleértve a romániai részt is.

A *CHÉZY-képlet* alkalmazása révén meghatároztuk a Tisza és a nagyobb mellékfolyók átlagos csúcsár-vízi folyássebességét kisebb, néhány kilométeres, viszonylag homogén szakaszokon. A kapott eredmények szórása viszonylag nem nagy, az értékek többnyire 3–4 m/s körülnek adódtak. Az átlagos folyássebességek és a szakaszhosszok alapján kiszámítottuk a szakaszok megtételéhez szükséges időt. Ezeket összeadva kaptuk meg a lefolyási időt a folyóhálózat egy–egy pontjából a nulla kilométernek választott nagyszőlősi Tisza-hídig, ami a folyó torkolatától számított 780 folyamkilométernek felel meg. Egy-egy adott folyószakaszhoz tartozó részvízgyűjtő lefolyási ideje, a módszereknél részletezett megfontolások alapján, ennél a mederbe gyülekezéshez szükséges időnél két órával több.

A nagyszőlősi Tisza-híd szelvényére vonatkozó *csúcsárvíz összegyülekezési ideje 23 óra*. Ennyi idő alatt ér ide a Borsai-hágó környékén (vagyis a maximális lefolyási idejű területen) lehullott kiadós eső aláömlő vize. Alacsony vízállásoknál a lefolyási idő közel háromszorosa az árvízinek.

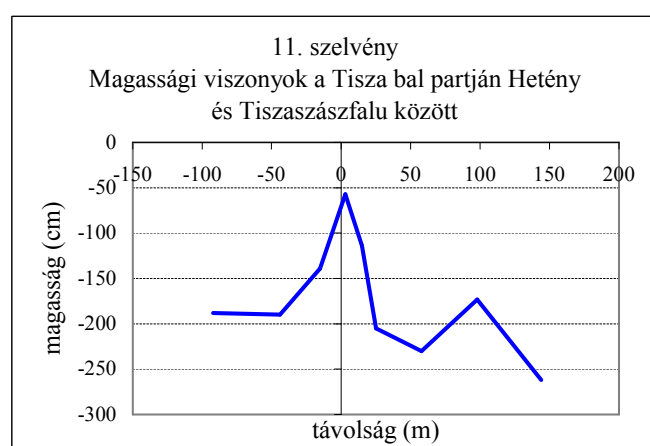
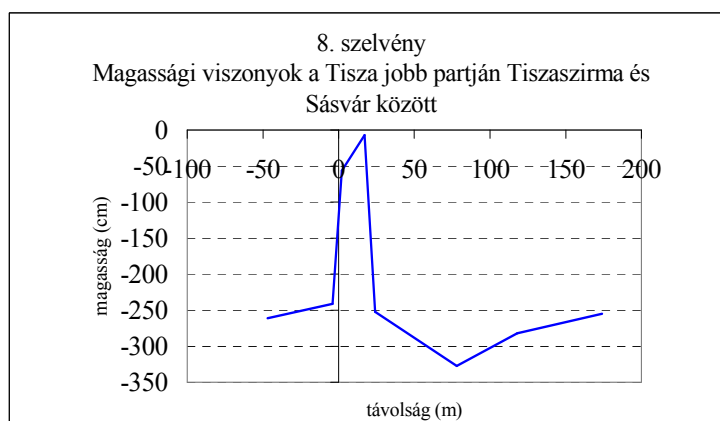
A területre jellemző vízgyűjtő karakterisztika (A ábra) a vízzállításba bekapcsolódott területek nagyságát, ezek teljes vízgyűjtőhöz viszonyított arányát adja meg a csapadék megindulásától eltelt idő függvényében. A jobboldali B ábra szemlélteti az intenzív eső megindulásától számított egyórás időszakok folyamán a vízzállításba újonnan bekapcsolódó területek arányát. A maximum 13 óránál mutatkozik.



Ennyi a Nagy-ág részvízgyűjtőjének összegyülekezési ideje. 17 óra alatt szinte teljesen bekapcsolódik a vízzállításba a Talabor és a Tarac megfelelője is, ezzel függ össze az ezt követő visszaesés az újonnan bekapcsolódó részek nagyságában. A Tisza két forráságának, a Fekete- és a Fehér-Tiszának ehhez 20 órára van szükség. Legkésőbb a Visó-völgy felső részeiből érnek le a lefolyó vizek.

A mederfeltöltődés és ártéri üledékképződés elemzéséhez szükséges vizsgálatokat két ütemben hajtottuk végre. A kijelölt 11 mederszelvényben magasságméréseket végeztünk, majd a kihelyezett hordalékfogó csapdák mintái alapján jellemeztük a választott mintaterületek üledékének mennyiségét és szemcse-összetételi jellemzőit.

A 11 szelvény közül ötnél tapasztaltunk hullámtéri feltöltődést. Közülük az alábbiakban két jellegzetes profilt mutatunk be:



A hullámtéri feltöltődés az 1. (25,2 cm), a 3. (39,1 cm), a 7. (102,1 cm), a 9. (135 cm) és a 10. (19,2 cm) számú szelvényekben volt tapasztalható. Az itt kapott eredmények alapján a hullámtér átlagos, az összterületre számított feltöltődése 29,1 cm.

2001. novemberében négy helyszínen, I. Tivadarfalva, II. Feketeardó, III. Tizzaszirma és Sásvár között, IV. Tiszaújhely összesen 36 db üledékfogót helyeztünk ki, minden területre kilencet. 2002 márciusának végén, a tavaszi árhullám levonulása után begyűjtöttük az üledékfogókat és összegeztük az eredményeket.

A két magasabban fekvő területet (I., IV.) a tavaszi magasvíz nem érte el. A két alacsonyabban fekvő pontot (II., III.) viszont elborította. Az ide kirakott üledékgyűjtők mintamennyiségét és a lerakódási környezetet az alábbi táblázatba foglaltuk össze.

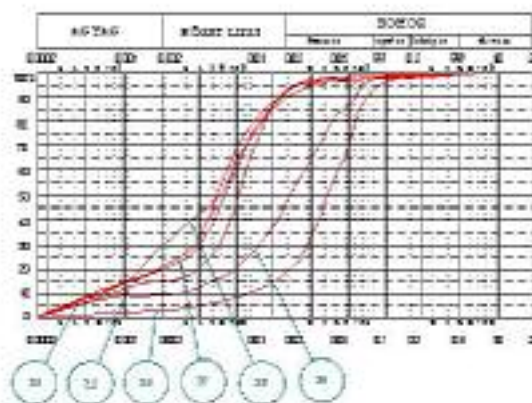
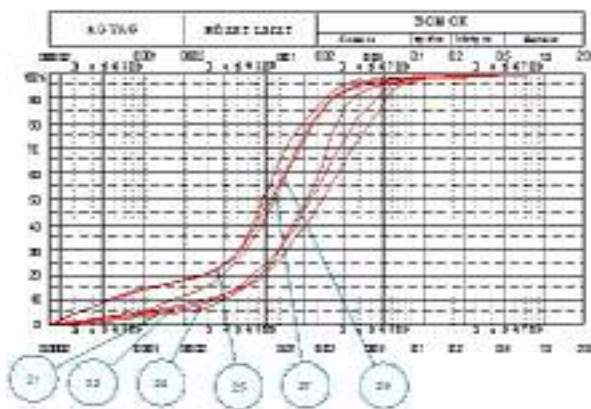
II. Feketeardó			III. Tizzaszirma–Sásvár		
Nº	Mintavételi pont	Üledék mennyisége (kg)	Nº	Mintavételi pont	Üledék mennyisége (kg)
2.1	Ártéri erdő, a part mentén	5,81	3.1	A töltés aljában, bokros területen	0,17
2.2	Ártéri erdő, a part mentén, kb. 20 m-re a 2.1-től	Nem találtuk meg	3.2	Kb. 70 m-re a 3.1-től a Tisza felé, emelkedő ártér	0,16
2.3	Sík hullámtér (középen a folyó és a töltés között)	1,36	3.3	Kb. 70 m-re a 3.2-től a Tisza felé, emelkedő ártér	Nincs rajta üledék
2.4	Ártéri lapos	1,53	3.4	Közel a parthoz	Nincs rajta üledék
2.5	Ártéri lapos kb. 20 m-re a 2.4-től	0,29	3.5	Közel a parthoz	0,68
2.6	Kubik	Nem találtuk meg	3.6	A töltés aljában	Nincs rajta üledék
2.7	Ártéri lapos	0,56	3.7	Sík ártér	0,34
2.8	Kisebb domb	Nem találtuk meg	3.8	Folyóhát	6,81
2.9	Mélyedés	0,63	3.9	Töltés és folyóhát közötti átmeneti részen	4,35

A II. mintaterületről összesen 10,18 kg üledéket gyűjtöttünk be, a III. mintaterületről pedig 12,51 kg-ot.

Az üledékgyűjtőkről összeszedett mintáknak szitálással és hidrometrálással határoztuk meg a szemcseméret eloszlását, majd kumulálva ábráztuk a görbéket. Mint az alábbi ábrákból jól kitűnik, mindkét mintavételi helyen a kőzetliszt-frakció dominál, míg a finomhomok mennyisége 10 % alatt marad.

Az eredmények arra utalnak, hogy kritikus szelvényszakaszokon kiugróan nagy lehet a feltöltődés mértéke a hullámtérben finomtörmelékű frakciókból, miközben a meder nagyobb áramlási potenciálú szelvényrészein a homokos, kavicsos üledék szaporodhat fel kritikus mennyiségben. A *relatív reliefnek* és a hasznos áramlási keresztmetszetnek ezek a változásai néhány évtized alatt kialakíthatnak olyan meder és szelvényszakaszokat, ahol jelentősen megnő a visszaduzzasztás okozta többletnyomás és árvízveszély.

A kárpátaljai Tisza szakasz II. és III. számú hullámtéri mintaterületének hordalékfogóiban kiülepedett árvízi üledékek szemcse-összetételének vizsgálati eredményei:



Szakirodalom

- [1] ALMÁSSY E. (1977): *Hidrológia–hidrográfia* – Tankönyvkiadó, Budapest.
- [2] BOGÁRDI J. (1955): *A hordalékmozgás elmélete* – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [3] CSUBATIJ, O. V.: Чубатий, О. В. (1972): *Водоохоронні гірські ліси* – Карпати, Ужгород.
- [4] HOMOKINÉ ÚJVÁRY K. (2001): *Márciusi árvíz Kárpátalján* – Légkör, XLVI/2.
- [5] JAKUCS L., KASZAB I. (1995): *Hidrogeográfia, hidrogeológia. Oktatási segédanyag* – JATE, JGYTF földrajz tanszék, kézirat. Szeged.
- [6] KONTUR I., KORIS K., WINTER J. (2001): *Hidrológiai számítások* – Linograf kft.
- [7] KOZÁKNÉ TORMA J., KOZÁK M. (1985): *A telkibányai Csenkő patak vízgyűjtőjének hidrológiai vázlata és vízbeszerzési lehetőségei* – Acta Geogr. et Meteor. Debreciana, 22. p. 75–104, Debrecen.
- [8] LÁSZLÓFFY W. (1982): *A Tisza. Vízmunkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben* – Akad. Kiad. 610 p., Budapest.
- [9] MIKE K. (1991): *Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története* – Aqva, p. 1–698, Budapest.
- [10] SOMOGYI S. [ed.] (2000): *A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon* – MTA FKI, Budapest.
- [11] SOMLYÓDI L. [ed.] (2002): *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései* – MTA, Budapest.
- [12] STELCZER K. (2000): *A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai* – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- [13] SZLÁVIK L. (2001): *A 2001. márciusi árvíz a Felső-Tiszán* – Hidr. Közl., 4. melléklet, Budapest.
- [14] ZASZTAVECKA et al.: Заставецька, О. В., Заставецький, Б. І., Дітчук, І. Л., Ткач, Д. В. (1996): *Географія Закарпатської області* – Підручники & посібники, Тернопіль.