



**MAGYAR
FÖLDRAJZI NAPOK
2016**



EGER , 2016. AUGUSZTUS 25–27.

KONFERENCIAKÖTET

VIII. MAGYAR FÖLDRAJZI KONFERENCIA

**XVI. GEOGRÁFUS DOKTORANDUSZOK
ORSZÁGOS KONFERENCIÁJA**

**OKTATÁS-MÓDSZERTANI ÉS FÖLDRAJZTANÁRI
KONFERENCIA**



WWW.FOLDRAJZINAPOK.HU



**MAGYAR
FÖLDRAJZI NAPOK
2016**

KONFERENCIAKÖTET

**VIII. MAGYAR FÖLDRAJZI KONFERENCIA
XVI. GEOGRÁFUS DOKTORANDUSZOK
ORSZÁGOS KONFERENCIÁJA
OKTATÁS-MÓDSZERTANI ÉS FÖLDRAJZTANÁRI
KONFERENCIA**

EGER, 2016



MAGYAR FÖLDRAJZI NAPOK

TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG

Elnök: Kertész Ádám

Titkár: Mika János

A bizottság tagjai: Gábris Gyula, Lóczy Dénes,
Mezősi Gábor, Patkós Csaba, Süli-Zakar István

SZERVEZŐBIZOTTSÁG

Elnök: Pajtókné Tari Ilona

Titkár: Tóth Antal

A bizottság tagjai: Ruszkai Csaba, Ütőné Visi Judit,
Mohai Andrea

RENDEZVÉNYMENEDZSMENT: Heiling Média Kft.



ESZTERHÁZY KÁROLY EGYETEM

Cím: 3300 Eger, Eszterházy tér 1.

Honlap: uni-eszterhazy.hu



MAGYAR
FÖLDRAJZI
TÁRSASÁG

MAGYAR FÖLDRAJZI TÁRSASÁG

Cím: 1112 Budapest, Budaörsi út 43-45.

Honlap: www.foldrajzitasasag.hu

E-mail: info@foldrajzitasasag.hu



AGRIA GEOGRÁFIA ALAPÍTVÁNY

Cím: 3300 Eger, Leányka utca 6.

Honlap: www.agriageografia.hu

ISBN 978-615-5297-76-2

Kiadja az Eszterházy Károly Egyetem, a Magyar Földrajzi Társaság és az Agria Geográfia Alapítvány

Szerkesztők: Pajtókné Tari Ilona–Tóth Antal

Technikai szerkesztők: Tóth Antal–Csabai Edina Kitti–Katona Ildikó–Kürti Livia–Rácsi András–Utasi Zoltán

Címlapterv: Heiling Zsolt

Címlapfotó: Szántó György

Copyright © Eszterházy Károly Egyetem © Magyar Földrajzi Társaság © Agria Geográfia Alapítvány

TISZAI PARTFAL TÍPUSOK VIZSGÁLATA ÚJ KIÉRTÉKELŐ MÓDSZER
ALAPJÁN ÁRTÉRI LÖSSZEL FEDETT MINTATERÜLETEN

KIS ÉVA¹ – LÓCZY DÉNES² – SCHWEITZER FERENC³ – BALOGH JÁNOS⁴ – VICZIÁN ISTVÁN⁵ –
SZEBERÉNYI JÓZSEF⁶ – PRODÁN TÍMEA⁷

¹ Tudományos főmunkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, kis.eva@csfk.mta.hu

² Egyetemi tanár, Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézet, loczyd@gamma.pte.hu

³ Professor emeritus, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, schweitzer.ferenc@csfk.mta.hu

⁴ Főtanácsos, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, balogh.janos@csfk.mta.hu

⁵ Tudományos munkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, viczian.istvan@csfk.mta.hu

⁶ Tudományos munkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, szeberenyi.jozsef@csfk.mta.hu

⁷ Tudományos munkatárs, MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet, prodan.timea@csfk.mta.hu

Abstract

The paper aims at identifying the origin, mechanisms and types of mass movements along the riverbank and the role of geological (tectonic, sedimentological and geomorphological) and hydrological (river regime and groundwater dynamics) factors in their generation. General predictions of the future spatial and temporal distribution of bank erosion hazard and opportunities for mitigation are also covered in the paper.

Bank erosion is a major driver a river channel processes. Its rates and types can well be studied along the Hungarian section of the Tisza River. Between Csongrád and Mártély, where the tectonic control on the present course of the river is particularly intensive, river regulation measures and geomorphic self-regulation (channel adjustments after channelization) have also been influential in channel formaiton. The sedimentological composition of banks is a fundamental control, but the indirect influences of climate change on riverbank slides and collapses can also be detected. The impact of weather extremes on bank erosion, manifested in river regime, is also studied. With hydrometeorological extremities expected to intensify in the future, bank erosion is becoming a more and more severe hazard along some reaches. Its actual dimensions are estimated by the Bank Erosion Hazard Index (BEHI). The geomorphological control on bank instability is expressed in the fact that most of the movements occurred on the margin of the higher floodplain level and at the outlet of abandonedchannels with deep alluvial fill. Implications for flood defence and actual construction activities in towns built right on the river banks are also presented. Future bank erosion hazard is forecast for the studied section. Environmentally friendly solutions with the purpose of reducing this hazard are also proposed.

Keywords: bank erosion, sediment sequence, tectonic influence, regulated river, water regime, Tisza, Hungary

Bevezetés

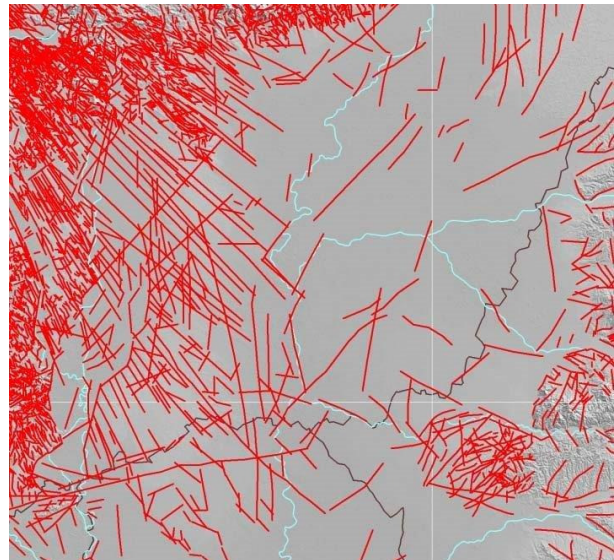
Csongrád és Ányás közötti alsó-tiszai partszakaszon (1. ábra, 2. ábra) vizsgáltuk a parterózió veszély mértékét. Vizsgálatainkat motiváló főbb tényezők:

1. A jövőben a parterózió az egyes szakaszokon egyre fokozódó geomorfológiai veszélyforrássá válik, mivel a globális klímaváltozás következményeként felerősödő időjárási szélsőségek hatása a folyók vízjárásában is megmutatkozik a szélsőségek felerősödésével.
2. A nagyobb tavaszi árvizek (pl.2010, 2013) után a Közép-és a Dél-Tisza mentén sorozatos partfalcsúszások következtek be. Ugyanezen időszak alatt és éghajlati körülmények között a dunai partfalak mentén nem következtek be sorozatos omlások és csuszamlások. Kísérletet tettünk e különbözőségek okainak felderítésére.
3. Fontos a parterózió index viszonylagos becslése a parti felszínformák várható változási trendjére vonatkoztatva. A felszínformák bizonyos esetekben gyors változásokon mennek keresztül a nagyárvizek és főként a nyári felhőszakadások hatásainak következményeként. Jelentős mértékben magasodnak az övzátonyok a hosszan tartó, több hetes árvízi elöntés alatt, pl. a 010-es és 2013-as árvíz esetében összesen 2 métert is emelkedtek bizonyos szakaszai



1. ábra: A partszakaszok vizsgálati helyei a magyarországi Alsó-Tisza vidéken

Forrás: GoogleEarthTM

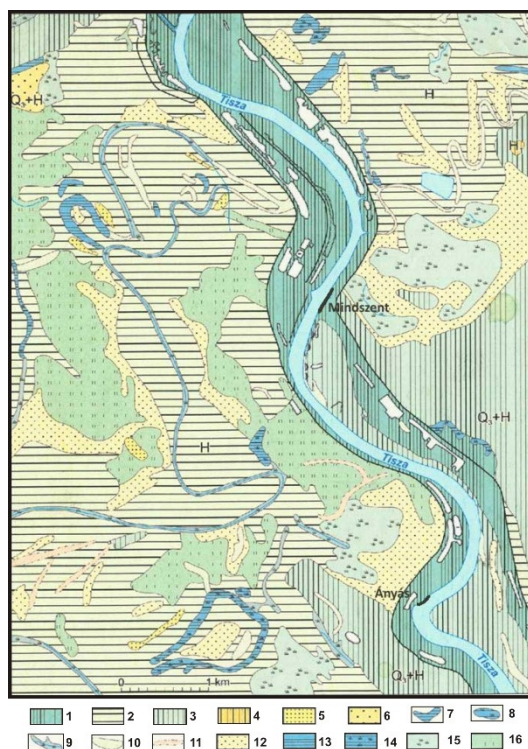


2. ábra: A Pannon-medence és környezete morfostruktúális elemei (HORVÁTH F. et al 2005a).
Közép- és Dél-alföldi kivágat

<http://geophysics.elte.hu/atlas/09.htm>

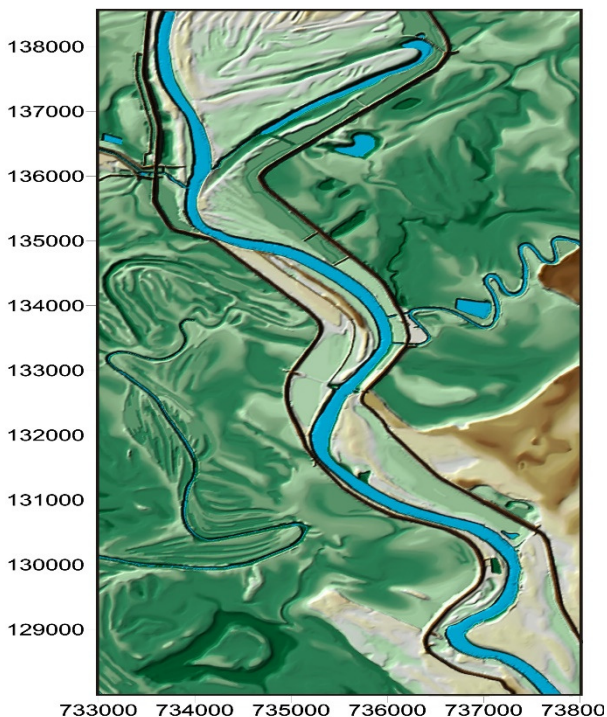
Mindszent környékén. Az övzátony lényegesen meredekebb lett. 2015 augusztusában ugyan ezen a területen egy hatalmas felhőszakadás több helyen is átvágta szintén kb. 2 méter mélyen az övzátont, a képződött keresztirányú eróziós völgyek jelentősen felszabdalták és lealacsonyították a területet jelentős részét, nagy mennyiségű üledéket lepusztítva. A partfal felső része feldarabolódott.

Löszös üledékkel fedett Tisza menti partfalakat vizsgáltunk. Tanulmányoztuk a klíma-ingadozások domborzatra gyakorolt hatása következtében fellépő földcsuszamlások és



3. ábra: Mindszent környékének georfológiai térképe (Kis É., Lóczy D. – In: LÓCZY D. et al. 2009)

1 = hullámtér (aktív ártér); 2 = alacsony ártér; 3 = magas ártér; 4 = pleisztocén típusos, ill. ártéri löszsel fedett kiemelkedések; 5 = óholocén homokleplek; 6 = homokkal fedett pleisztocén hordalékkúpsíkság; 7 = feltöltött meander állandó vízborítással; 8 = feltöltött meander időszakos vízborítással; 9 = feltöltött meander csatornázott vízfolyással; 10 = feltöltött meander magas talajvízállással; 11 = mezőgazdasági művelés alatt álló feltöltött meander; 12 = morotvák közötti magasabb térszínek; 13 = ártéri mocsarak állandó vízborítással; 14 = időszakosan vízborításos egykori mocsarak; 15 = egykori mocsarak elgátolt medencéi csatornákkal lecsapolva; 16 = feltöltött egykori mocsár magas talajvízállással



4. ábra: A Tisza Dong-ér és Ányás közötti szakaszának digitális domborzatmodellje (Szeberényi J.)

partomlások kialakulásának közvetlen okait. Vizsgáltuk a csuszamlásos partokat (3. ábra, 4. ábra) és a kanyarulatok belső ívénel húzódó övzátonyokat, jellemeztük a partfaltípusokat és a partfalcsúszásokat befolyásoló természeti és antropogén tényezők hatásait.

A folyómedrek fejlődésében a parterózió fontos szerepet játszik. Jól lehet tanulmányozni sebességét és különböző típusait a hazai Tisza szakaszokon. A folyó jelenlegi medrére a tektonikus folyamatok (2. ábra) is nagy hatással vannak. A mederfejlődésre a folyószabályozás (SCHWEITZER F. 2015) és a folyó önszabályzó mechanizmusa (a szabályozásra adott válasz) is jelentősen hatott. Alapvető jelentőségű feltétel a partok üledékföldtani felépítése, de számolni kell az éghajlatváltozás közvetett hatásaival is a partok

csuszamásainak, omlásainak vizsgálatakor. A tanulmány tárgyát képezi a folyó vízjárásában megnyilvánuló időjárási szélsőségek hatása is. Mivel a hidrometeorológiai szélsőségek a jövőben várhatóan felerősödnek, ezért a parterózió egyes szakaszokon egyre fokozódó veszélyforrássá válik. A kapott vizsgálati értékekből következtetéseket lehet levonni a folyópart mentén bekövetkező tömegmozgások mechanizmusaira, valamint a főbb geomorfológiai, földtani (tektonikus és üledékföldtani) és hidrológiai tényezőkre (a folyó vízjárása és a talajvízszint változása) vonatkozóan.

Módszer

Kipróbáltuk az USA-ban alkalmazott Parterózió Veszély Index (BEHI) (ROSGEN, D.L. 2001, 2008 és RATHBUN, B. 2012) alkalmazási lehetőségeit a hasonló földrajzi szélességű hazai Alsó-Tisza menti partszakaszokra.

Alkalmazott módszerünk során – a partpusztulás mértéke és típusa minél pontosabb meghatározása céljából – az eddigi hagyományos módosított BEHI-értékek (ROSGEN, D.L. 2008, RATHBUN, B. 2012) mutatószámait újabb 5 mérőszámmal egészítettük ki a helyi tapasztalatok alapján és vizsgáltunk számos egyéb természeti és antropogén tényező hatását.

A 13 vizsgált partszakaszon mérési eredményeink alapján meghatároztuk a ROSGEN, D.L. (2001) – féle (1. táblázat) BEHI-értékeket (partmagasság/nagyvízi meder mélység, parti növényzet gyökerezési mélysége/partmagasság, a gyökérzet sűrűsége, a partfal lejtőszöge, a part védettsége), ill. a ROSGEN, D.L. (2008, a part anyaga és a rétegzettsége kiegészítésével) és RATHBUN, B. (2012) (parti növényzet gyökerezési mélysége, a gyökérzet sűrűsége, a part védettsége, a partfal lejtőszöge) – féle módosított BEHI-értékeket. Az értékeket a vizsgált partfalak felvételeivel együtt adtuk meg (pl. 1. kép, 2. táblázat, 2. kép, 3. táblázat, 3. kép, 4. táblázat). Javaslatot tettünk a minél pontosabb Parterózió Veszély Index (BEHI) meghatározása céljából a vizsgált mutatószámokat—helyi tapasztalatok alapján—kiegészítettük még további 5 paraméterrel (tektonikus vonallal bezárt szög, növényzetborítás a parti 10-m-es zónában, közbetelepült homokos üledékek aránya, helyi árvízveszélyességi index és a legnagyobb árvízi riasztás gyakorisága) és különböző természeti és társadalmi tényezők vizsgálatával. Új módszerünkkel hozzá tudunk járulni a parterózió veszély mértékének minél pontosabb megbecsüléséhez.

1. táblázat: Parterózió Veszély Index BEHI I. (ROSGEN, D.L. 2001) értékek az Alsó Tisza vidék vizsgált partszakaszain

Erózióveszély mértéke	a part magassága/nagyvízi meder mélysége	Parti növényzet gyökerezési mélysége/a part magassága	A gyökérzet sűrűsége (%-ban)	A partfal lejtőszöge	A part védettsége (%-ban)
1.	0,49	0.23	98	46.2	78
2.	0.12	0.14	93	51	22
3.	0.48	0.13	95	79	26
4.	0.48	0.17	100	83	95
5.	0.7	0.22	98	44	90
6.	0.67	0.23	24	67	57
7.	0.66	0.19	17	46	28
8.	0.38	0.29	97	82	85
9.	0.54	0.16	90	72	60
10.	0.33	0.27	95	78	70
11.	0.55	0.11	97	32	80
12.	0.47	0.32	100	81	95
13.	0.49	0.27	100	43	8

Természeti és antropogén tényezők hatása a partfalcsúszások létrejöttében

Az Alsó –Tisza vidéki 2013. évi májusi sorozatos partfalcsúszások legfőbb okozója a vízhez köthető. Részben a folyó hirtelen, gyors apadása (6 m 8 nap alatt, a vízlépcsők, zsilipek és víztározók antropogén hatásaival), részben az elmozdulásokra felülről érkező vizeknek (csapadékvíz, rétegvíz, stb.) a mennyisége és jellege. Jelentős befolyása a csapadéknak volt.

GEOMORFOLÓGIA SZEKCIÓ



A part magassága/nagyvízi meder mélysége $\approx 1,0 - 1,1$

A parti növényzet gyökerezési mélysége/a part magassága: $0,29 - 0,15$

A gyökérzet sűrűsége $\approx 100 - 80$

A partfal lejtőszöge $\approx 61 - 80$

A part védettsége $\approx 79 - 55$

ÖSSZESEN = $13 - 21,5$

A part anyaga ≈ 5

(löszös agyag)

Rétegezettség ≈ 10

BEHI pont = $37,5$ (magas)

1. kép: A csanyteleki kanyarulat É-i meredek fala
(Fotó: Kis É.)

2. táblázat: Módosított Parterózió Veszély Index BEHI II., (RATHBUN, B. 2012) értékek a csanyteleki kanyarulatnál

BEHI típusok	Növényzet				Part				Összpontszám típusonként
	gyökerezési mélység		sűrűsége		védettség		lejtőszög		
	mélység értéke	pont-száma	(%)	pont-szám	(Avg. %)	pont-szám	Érték	Pont-szám	
Nagyon alacsony	90-100	<u>1.45</u>	80-100	<u>1.45</u>	80-100	1.45	0-20	1.45	≤ 5.8
Alacsony	50-89	2.95	55-79	2.95	55-79	2.95	21-60	2.95	5.8 – 11.8
Mérsékelt	30-49	4.95	30-54	4.95	30-54	4.95	61-80	<u>4.95</u>	<u>11.8 – 19.8</u>
Magas	15-29	6.95	15-29	6.95	15-29	<u>6.95</u>	81-90	6.95	19.9 – 27.8
Nagyon magas	5-14	8.5	5-14	8.5	10-14	8.5	91-119	8.5	27.9 – 34.0
Különösen magas	< 5	10	< 5	10	< 10	10	> 119	10	34.1 – 40.0

Az év első három hónapjában az átlagos csapadékmennyiség duplája hullott, és a csuszamlást megelőző hónapban is szinte minden nap volt áztató eső (négyyszer 1 nap kivételével). A Tisza vízszintcsökkenésének hatására az átáztatott part elveszítette állékonyságát. A hirtelen gyors apadást és az átáztatott partfal szerkezetét fele-fele arányban tartjuk felelősnek a csuszamlások kialakulásába. A továbbiakban feltétlenül szükséges lenne a partfalelmozdulás monitoring rendszerrel történő folyamatos mérése.

1. Tektonikai tényezők

A tektonikai (az Alsó-Tisza mente folyamatos süllyedése) okok és a Tisza szabályozási munkálatok következtében fellépő bevágódások miatt továbbra is várhatók a sorozatos partfalomlások. Folyamatos (DNy-ÉK-i irányú fő törésvonalak mentén) és ciklikusan (DK-ÉNy irányú) változó süllyedő D-alföldi területről van szó. A partvédelmi művek beépítésének hatására a szelvények szélessége jelentősen lecsökkent.

A Pannon-medence jelenlegi geodinamikájának atlasza (HORVÁTH F. et al. 2005a., 2. ábra) és BADA, G. et al. 2007 térképlapjairól a tanulmányozott területekre vonatkozóan a következő megállapításokat tehetjük.

GEOMORFOLÓGIA SZEKCIÓ



A part magassága/nagyvízi meder mélysége $\approx 1,0 - 1,1$
 A parti növényzet gyökerezési mélysége/a part magassága: $0,29 - 0,15$
 A gyökérzet sűrűsége $\approx 29 - 15$
 A partfal lejtőszöge $\approx 21 - 60$
 A part védettsége $\approx 29 - 15$
 ÖSSZESEN = $21 - 29,6$
 A part anyaga ≈ 5
 (löszös agyag)
 Rétegezettség ≈ 10
 BEHI pont = $44,5$ (nagyon magas)

2. kép: Karéjos csuszamlásos part alacsony és magas ártér találkozási pontjainál a Mindszenti Nagyrévtől É-ra
 (Fotó: Kis É.)

3. táblázat: Módosított Parterózió Veszély Index BEHI II., (RATHBUN, B. 2012) értékek a Mindszenti Nagyrév É-i részén

BEHI típusok	Növényzet				Part				Összpontszám típusonként
	gyökerezési mélység		sűrűsége		védettség		lejtőszög		
	mélység értéke	pontszáma	(%)	pontszám	(Avg. %)	pontszám	Érték	Pontszám	
Nagyon alacsony	90-100	<u>1.45</u>	80-100	<u>1.45</u>	80-100	1.45	0-20	1.45	≤ 5.8
Alacsony	50-89	2.95	55-79	2.95	55-79	<u>2.95</u>	21-60	2.95	<u>5.8 – 11.8</u>
Mérsékelt	30-49	4.95	30-54	4.95	30-54	4.95	61-80	<u>4.95</u>	11.9 – 19.8
Magas	15-29	6.95	15-29	6.95	15-29	6.95	81-90	6.95	19.9 – 27.8
Nagyon magas	5-14	8.5	5-14	8.5	10-14	8.5	91-119	8.5	27.9 – 34.0
Különösen magas	< 5	10	< 5	10	< 10	10	> 119	10	34.1 – 40

Partfal mozgások továbbra is előfordulnak a jövőben a terület fokozatos süllyedésével párhuzamosan antropogén beavatkozások nélkül is. Süllyedő, DNY–ÉK-i fő szerkezeti vonalak mentén kialakult területről van szó. Véleményünk szerint ez az oka, hogy az esetek túlnyomó többségben csak kevés ártéri szint maradt meg.

A jelenlegi felszíni folyamatok kialakulásának három fajta irányú elmozdulás lehet az oka.

a) A Tiszán át ÉK-i irányba történő vízszintes elmozdulás Észak-Isztriáról, az Alpok és a Dinaridák (Ljubljana és Zágráb) közötti területről (a magyarországi nagyszerkezeti vonal része) ÉK-i irányba több, egymással párhuzamos szerkezeti vonal mentén (a Tisza völgyén keresztörés során Mindszent északi részén át, ÉK-Magyarország irányába, HORVÁTH F. et al. 2005a). A DNY–ÉK irányú vízszintes elmozdulás értéke Mindszent környékén $0,1 \text{ mm/év}$, Isztria környékén (ahonnan indul) ennek a 30-szorosa $3,0 \text{ mm/év}$. E változás a Tisza esetében keresztörés formájában nyilvánul meg a Dong-ér – Tisza meder (18 méteres medermélység) és – bal oldali holtágán keresztül. A keresztörés formája: normál vető. A süllyedés folyamatos, ÉK felé tartó párhuzamos vetők mentén történik.

b) D–É irányú, jelenleg is ható ciklikus tektonikai süllyedés.



A part magassága/nagyvízi meder mélysége $\approx 1,0 - 1,1$
 A parti növényzet gyökerezési mélysége/a part magassága: $0,14 - 0,15$
 A gyökérzet sűrűsége $\approx 0,14 - 0,05$
 A partfal lejtőszöge $\approx 100 - 80$
 A part védettsége $\approx 81 - 90$
 ÖSSZESEN = $17,0 - 22,6$
 A part anyaga ≈ 5
 (löszös agyag)
 Rétegzettség ≈ 10
 BEHI pont = $35,7$ (magas)

3. kép: Eróziós partfal az ányási kanyarulat külső íve középső részén (Fotó: Kis É.)

4. táblázat: Módosított Parterózió Veszély Index BEHI II., (RATHBUN, B. 2012) értékek az ányási kanyarulat külső ívénél

BEHI típusok	Növényzet				Part				Összpontszám típusonként
	gyökerezési mélység		sűrűsége		védettség		lejtőszög		
	mélység értéke	pontszáma	(%)	pontszám	(Avg. %)	pontszám	Érték	Pontszám	
Nagyon alacsony	90-100	<u>1.45</u>	80-100	<u>1.45</u>	80-100	1.45	0-20	1.45	≤ 5.8
Alacsony	50-89	2.95	55-79	2.95	55-79	2.95	21-60	<u>2.95</u>	5.8 – 11.8
Mérsékelt	30-49	4.95	30-54	4.95	30-54	4.95	61-80	4.95	<u>11.9 – 19.8</u>
Magas	15-29	6.95	15-29	6.95	15-29	<u>6.95</u>	81-90	6.95	19.9 – 27.8
Nagyon magas	5-14	8.5	5-14	8.5	10-14	8.5	91-119	8.5	27.9 – 34.0
Különösen magas	< 5	10	< 5	10	< 10	10	> 119	10	34.1 – 40

A Pusztai-havasok nyugati pereméről, a Maros-Temes közéről induló, majd a Körös-Maros közén ÉK-i irányúvá váló törésvonal mentén végbemenő süllyedés. Makó, Hódmezővásárhely, Mindszent, Szentes környezetében létrejövő ciklikus árkos süllyedés. Hosszúsága kb. 60 km, szélessége 30–40 km. Az évi átlagos süllyedés $\sim 1,5$ mm Mindszenttől keletre oldalelmozdulás formájában.

c) ÉK–DNY irányú keresztörések sűrű párhuzamos sávok mentén érik a terület a Dunántúli-középhegység irányából

d) Két keresztörés éri a területet a Jászság felől

2. A szabályozási munkálatok hatása

A múlt századi szabályozások során a fejlett kanyarulatokat vágták le. Ennek következtében a Tisza esése a duplájára nőtt. Nőtt a parterózió mértéke és a csuszamlások kialakulásának lehetősége is. A tanulmányozott szakasz majdnem felén épültek partbiztosítási művek a múlt század elejétől fogva. Ezek a kanyarulatok külső ívét biztosítják. Hatnak az alattuk lévő kanyarulatokra is. A művek beépítésének hatására a szelvények szélessége lecsökkent. Lecsökkent a Tisza medrének vízvezető képessége is. Nő a levonuló vizek szintje (FIALA K.–

GEOMORFOLÓGIA SZEKCIÓ

KISS T. 2006). A magasabb árvízszintek következtében nő a csuszamlások kialakulásának lehetősége is.

5. táblázat: Parterózió veszély megbecslésére javasolt további paraméter értékek változása vizsgált partszakaszainkon

	A neotektonika szerepe	Növényzet borítottsága	Az üledéksorok heterogenitása	Part menti területek veszélyeztetettsége	Vízjárás
	A partfal törésvonallal bezárt szöge	A 10m-es parti zóna növényzeti fedettsége	körbetelepült homokos üledékek %-os aránya	Helyi árvízveszély index (LÓCZY D. et al. 2009)	Harmadfokú árvízvédelmi készültség gyakorisága
1.	párhuzamos	61-80%	11-20%	0,61-0,80	3-6 év
2.	31-50%	81-100%	21-30%	0,61-0,80	3-6 év
3.	31-50%	81-100%	11-20%	0,61-0,80	3-6 év
4.	majdnem párhuzamos (<10%)	81-100%	<10%	0,61-0,80	3-6 év
5.	majdnem párhuzamos(<10%)	41-60%	11-20%	0,61-0,80	3-6 év
6.	11-30%	21-40%	<10%	0,81-0,90	3-6 év
7.	párhuzamos	21-40%	<10%	0,81-0,90	3-6 év
8.	párhuzamos	61-80%	31-40%	0,61-0,80	<3 év
9.	majdnem párhuzamos (10%)	81-100%	<10%	0,41-0,60	<3 év
10.	majdnem párhuzamos (<10%)	81-100%	<10%	0,41-0,60	<3 év
11.	párhuzamos	61-80%	<51%	0,41-0,60	<3 év
12.	párhuzamos	81-100%	31-40%	0,81-0,90	<3 év
13.	párhuzamos	81-100%	<10%	0,81-0,90	<3 év

3. A partszakaszt felépítő kőzetek, rétegzettségük, a lejtők állékonysága

Az agyagrétegek között laza löszös, iszapos, homokos üledékek váltakoznak. A partszakaszt felépítő kőzetnek (az agyagos ártéri lösznek) is döntő jelentősége van abban, hogy lazább szerkezete miatt korábban következik be ugyanazon árvízi időszakban a csúszás, mint pl. a Duna-menti tömörödtebb, homokos löszfalak esetében. Alapvető különbség a partfal anyagának összetételében (különböző lösz típusú változatok) és az ebből fakadó szerkezeti különbségekből (laza vagy tömörödtebb szerkezet) adódik. A dunai partfalak típusos, vagy klasszikus, míg a tiszai partfalak ártéri (infúziós) löszből állnak. Az ártéri lösz fizikai sajátosságai miatt eltér a típusos lösz jellemző kritériumaitól, ezért a löszszerű üledékekhez sorolhatók. A legnagyobb különbség a partfalat felépítő kőzetek, a lösz-és löszszerű üledékek agyag-, iszap-, lösz-és homoktartalma %-os részesedése változásával magyarázható.

Fontos befolyásoló tényező a rétegek agyag-és agyagásvány tartalma (közülük is az ún.

„duzzadó agyagásványok”) viselkedése talaj-vagy rétegvíz változásának eredményeként. Az ártéri löszök lényegesen agyagosabbak. A magas agyagtartalom miatt az ártéri löszös partfalban lévő víz sokkal nehezebben tud visszajutni a hirtelen gyors árvízszint- csökkenés után a folyóba az üledék tömörödtsége miatt, mint a sokkal lazább, lényegesen nagyobb homoktartalmú típusos löszpartfalakban. Geomorfológiai szempontból a vizsgált partfalcsúszások jelentős része magas- és alacsony ártérperem mentén (pl. a kompátkelónél és az anyási saroknál) jön létre. A feltöltődött egykori meanderek törmelékanyaga esik ki a folyó irányába. A lejtők állékonyságuk (a biztonsági-érték /T/) alapján háromféle állapotban lehetnek: 1. stabilak: $T > 1.3$; 2. feltételesen (a nedvességtartalom függvényében) stabilak: $T = 1 - 1,3$; és 3. csúszás veszélyesek: $T < 1$;

4. Csúszó lap megléte

Az ártéri löszös üledékek alatt a vizsgált területen mindenütt megtalálhatók a kék agyag szintek a korábbi folyóvízi, tavi és mocsári üledékképződési környezetből.

5. A rétegek enyhén dőlnek a folyó felé

6. A part repedezettségének mértéke és jellege (a repedések sűrűsége, iránya, szélessége és kitöltése)

7. Meteorológiai körülmények, a rétegek víztartalma

Az év első 3 hónapjában az átlagos csapadékmennyiség duplája esett. A csúszást megelőző hónapban (négyyszer 1 nap kivételével) minden nap hullott áztató eső. A rétegek víztartalma fontos befolyásoló tényező. A talajvizet tartalmazó ártéri üledékekben a csúszó lapon ható víz nyomása a víz magasságától függ. Nagyobb erejű szellőkések is előfordultak az észlelt repedések napján és a bekövetkezett partfalcsúszások közötti időszakban.

8. A Tisza vízszintjének lassú emelkedését (májusi árvíz) gyors apadás, az évtized leggyorsabb vízszint csökkenése követte. A Tisza vízszintje 6 m-t csökkent 8 nap alatt. A hirtelen jelentős vízszintesésben antropogén tényezők is szerepet játszhattak (víztározók, zsilipek, stb. hatása). A vízszintcsökkenés hatására a partszakasz elveszítette állékonyságát. A partot felépítő laza szerkezetű ártéri löszös üledékben ún. „vízgazdálkodási zavar” jött létre. A parton lévő fák állékonyságcsökkentő szerepe is jelentős volt. A partról a rétegek a fákkal együtt csúsztak a Tiszába. Volt közülük olyan, amely a Tisza közepén szigeteket alkotott még két esztendő elmúltával is. Akadályozta a hajózást.

9. A talajvízszint a folyó felé esett a csúszás kezdetén és végén is, a lecsúszott tömbökből még két hét múlva is csöpögött a víz.

Eredmények

A partfalpusztulás veszély jellegének minél pontosabb megállapítása céljából kipróbáltuk alsó-tiszai mintaterületünkön a ROSGEN-féle BEHI I.(2001)-és BEHI II.(2008) parterózió veszély indexet és a RATHBUN-féle BEHI II. (2012) mutatószámot. A kapott értékek táblázatba foglalása és típusokba sorolása után azt tapasztaltuk, hogy a ROSGEN-féle BEHI I. (2001) értékek közül a nagyvízi mederre vonatkozó értéknek – amely a vizsgált 5 paraméter – érték közül kettőben, 1. a partmagasság/nagyvízi meder mélysége és a 2. parti növényzet gyökerezési mélysége/ a part magassága szerepelt – a mi közepes nagyságú, a parttól 40–50 méter távolságban lévő, helyenként 15–20 m mély Tisza medernek már nem volt hatása a partfal pusztulása folyamatában. Tapasztalatunk szerint ezen mutatószám csak kis, néhány m mély folyókra alkalmazható. Az USA-beli alkalmazás is közepes szélességek kisebb folyóira történt. Nagyon fontos tényezőnek tartjuk viszont mi is a ROSGEN-féle BEHI II. plusz 2 mutatószámának súlyozását. Tapasztalataink is azt mutatják, hogy a part anyaga és partfal rétegzettsége lényegesen – általában mintegy 30 %-kal – módosítja az össz BEHI pontszámot (ld. az 1. 2. és 3. kép melletti értékeket) és ez által magasabb partfal veszélyeztetettségi kategóriába kerül. A felvételek melletti ROSGEN-féle BEHI I.-és BEHI II. értékek alatt táblázatban mutattuk be ugyan ezen 13. partszakaszra vonatkozóan a RATHBUN-féle (2012) módosított BEHI (II.) értékeket. Ő sem számol a nagyvízi meder mélységgel, a part lejtőszögén kívül a növényzet gyökerezési mélységét, a gyökérzet sűrűségét és a part védettségét veszi figyelembe. Véleményünk szerint a minél pontosabb partfal pusztulási érték meghatározása

céljából célszerű mind a kétfajta index-szel számolni. Ha a kapott veszélyességi-kategóriában lényeges különbség mutatkozik, praktikus további egyéb tényezők bevonása is.

A 13 vizsgált partfalszakasz közül a ROSGEN-féle BEHI II. (módosított) index alapján a 6. és a 7. sz. partfal (a Mindszenti Nagyrév É-i és D-i partszakasza) került a „nagyon magas” veszélyeztetettségi kategóriába, a többi 11 partszakasz pedig a „magas” kategóriába. A RATHBUN-féle BEH II. (módosított) index alapján alacsonyabb veszélyeztetettségi-értékeket kaptunk. E szerint a legveszélyesebb eróziós partfal a 4. számú, az ányási kanyarulat belső íve É-i részén. Alacsony veszélyeztetettségűek az 1., a 7. és a 11. sz. partfalak. A többi mérsékelt veszélyeztetettségű. A 4. sz. partfalra kapott érték (a valóságban kevésbé veszélyeztetett) és a 8. sz. partfalra kapott érték (itt történnek a legnagyobb sorozatos partfal csúszások) nem felel meg a valóságban tapasztaltaknak.

Új paraméter-értékek

A helyi környezeti viszonyok alapján javasoljuk még – a BEHI I. és a BEHI II. indexek kiegészítéseként – további 5 tényező figyelembevételét és kategorizálását, valamint a vizsgált terület geomorfológiai viszonyainak jellemzését. A magas- és alacsony árterek peremterületeinek tanulmányozása hozzájárulhat az omlások és csuszamlások lehetséges helyeinek kijelöléséhez (3. és 4. ábra).

1. A neotektonika szerepe

A folyószakaszok többsége vagy tektonikai vonal (2. ábra) mentén fut, vagy azzal $< 10^\circ$ -os szöveget zár be.

Négy helyen mutatható ki jelentős eltérés: az 1., a 2. és a 3. sz. partfal közelében, ahol egymással jelentős szöveget bezáró két markáns törésvonal találkozik mintegy 500 m hosszúságú, hatalmas csuszamlásos partú kanyarulatot okozva; 2. a Mindszenti Nagyrév környezetében, ahol alacsony- és magasártér találkozása peremén, az É–D-i irányú törési vonalon, szemben a partfaltól nem messze található, azzal 86° -os szöveget bezáró, ÉNy–DK-i irányú Dong-éri törésvonallal; 3. a csanyteleki (az ányásihoz hasonlóan) szintén mintegy 50 m átmérőjű, meredek eróziós partokkal teli nagy kanyarban (a korábbi hajókikötőben). E partfalak mentén fordul D felé az ÉK–DNY-i törésvonal. E partfalakra majdnem merőlegesen futnak ki a csuszamlásos falaktól D-re és É-ra az ÉNy–DK-i irányú markáns törésvonalak; 4. jelentős a hatása a Körös-torok környéki partfalakra (pl. a 13. sz. partfal) a Körös-törésvonalnak. A 8., a 11., a 12. és a 13. sz. partfalak a saját É–D-es irányú törésvonalukkal is szöveget zárnak be (ld. táblázat) és hatnak rájuk É–Ny-i irányúak is.

2. A növényzet borítottsága

A 10 m-es parti zóna növényzeti borítottsága értékelésénél figyelembe kell venni a parttól kicsit beljebb húzódó erdősávok védő hatását, ill. a közvetlenül a meredek partszegélynél húzódó fák – különösen csapadékos időszakokat követően – csuszamlást elősegítő hatását: részben a repedéseket követően a lejtős nagy nedvességtartalmú talajokon elősegítik a gravitációs csuszamlásokat, részben a következő napokban a fák lombkoronájára hullott nagy mennyiségű eső súlya miatt.

3. Közbetelepült homokos üledékek

Az eróziós partfalak többsége – az övzátonyok kivételével – általában nem tartalmaz többet 15-20% homoknál, a homok többnyire a felszínt fedi. Néhány eltemetett homokréteget találunk csupán. A terület jelentős része ártér volt, az üledékek vízszintes településűek és többnyire jól rétegzettek. Ártéri agyagos löszök és löszszerű üledékek váltakoznak néhány paleotalajjal, iszapos rétegekkel (kék és szürke iszaprétegekkel) és kevés futóhomok betelepüléssel. A glaciálisok idején a kiemelkedésekre hulló porból futóhomok, a nedves térszínre hullókból pedig ártéri, vagy nedves térszíni lösz keletkezett. Partfalcsuszamlások szempontjából azok az üledékek csúsznak kevésbé, amelyek tömörödöttebbek, tehát idősebbek, jobb az állóképességük, vagy például nagyobb mésztartalmú homok is keveredik beléjük a Duna–Tisza - köze felőli területről, a Tisza jobb partján.

4. A part menti területek veszélyeztetettsége

A helyi árvízveszély index (LÓCZY D. et. al 2009) az ármentesítések előtti és az ármentesítések utáni ártelület nagyságának hányadosa. Legveszélyeztetettebb partszakasz 1. a Mindszenti Nagyrév (6. és 7. sz. partfal), 2. a Mindszenti szivattyútelep környezete (8. sz. partfal), valamint 3. Szentés É-i része és a Csongrádi híd között (12. sz. partfal), ill. 4. a Körös-toroktól É-ra húzódó partfal (13. sz. partfal).

5. A harmadfokú árvízvédelmi készültség gyakoriság

Azt vizsgáltuk, hogy a rendkívüli körösi árvizeknek—amelyek egyidejű tiszai árvizek nélkül is kialakulhatnak—mekkora területen van közvetlenül jelentősebb hatásuk.

Érdeemes itt megemlíteni, hogy antropogén hatások is jelentősen befolyásolhatják a partfalcsúszásokat. Ilyen volt pl. a legutóbbi tiszai árvízét követően is, amikor az árvíz idején víztárolókba felfogott vizet az árvíz elmúltával hirtelen leengedik. Vizsgált területünkön ez azt jelentette, hogy 6 nap alatt hirtelen 7 méterrel apadt le a Tisza vize. Sorozatos partfalcsúszások következtek be. A nagy nedvességtartalmú, ártéri löszös üledékekből álló partfalak sorban omlottak le és jelentős károk képződtek.

A partfalcsúszások várható helye kijelölése céljából feltétlenül javasoljuk a vizsgált terület geomorfológiai viszonyai megismerését. A geomorfológiai (3. ábra) és a digitális domborzatmodell térképen (4. ábra) egyértelműen kirajzolódnak azok a helyek, ahol időre várhatók csuszamlások. Ott jönnek létre, ahol az alacsony és magas árteret elválasztó perem merőleges a partfalra: pl. 2. (3. kép) és 3. sz. partfal az ányási kanyarulatban, 6. és 7. sz. (2. kép) partfal a Mindszenti Nagyrév D-i és É-i részén és a 10. sz. partfal (1. kép) a csanyteleki régi hajókikötőnél.

Érdeemes hangsúlyt fektetni a meteorológiai adatok közül a hirtelen lezúduló jelentős mennyiségű (60-80 mm) záporokra. Átvágják pl. több helyen is a korábbi árvizek által épített övzátonyokat és a hirtelen bevágódó völgyek mentén elkezdődik a partfalak felső részének pusztulása (pl. a Mindszenti övzátony esetében, 2014. augusztus)

Fontos megállapítani azt is, hogy vizsgált partszakaszunk szabályozás előtti, vagy szabályozás utáni Tisza mederhez kapcsolható-e. A szabályozás utáni új medrekben a megnövekedett esés és a bevágódás miatt nagyobb a partpusztulás veszély mértéke. Vizsgált partszakaszaink közül a 13. sz. található új Tisza-mederben a Csongrádi hídtól É-ra a Csongrádi Holt-Tiszával szemben).

Újabb paraméterek bevonásával tökéletesített módszerünk elősegíti a partpusztulás veszélyének pontosabb meghatározását.

Irodalomjegyzék

- BADA, G. – HORVÁTH, F. – DÖVÉNYI, P. – SZAFIÁN, P. – WINDHOFFER, G. – CLOETINGH, S. 2007: Present-day stress field and tectonic inversion in the Pannonian basin. – *Global and Planetary Change*, 58(1-4):165-180. doi:10.1016/j.gloplacha.2007.01.007
- FIALA K. – SIPOS GY. – KISS T. 2006: Szabályozások hatására bekövetkező morfológiai változások a Tisza és a Maros alsó szakaszán (Morphological changes resulting from river regulation on the Lower Tisza and Maros Rivers). In: Kiss, A.–Mezősi, G.–Sümegehy, Z. (eds.): *Táj, környezet és társadalom (Landscape, environment and society)*. Univeristy of Szeged, Szeged. pp. 203–211. (in Hungarian)
- HORVÁTH F. et al. 2005a: A Pannon-medence és környezete morfostrukturális elemei. <http://geophysics.elte.hu>
- LÓCZY, D. – KIS, É. – SCHWEITZER, F. 2009: Local flood hazards assessed from channel morphometry along the Tisza River in Hungary. – *Geomorphology* 113(3-4):200–209.
- RATHBUN, B. 2012: BEHI modified for the state of Michigan. Integration of scores. In: Endreny, T. *Bank erosion Hazard Index Exercise*. http://www.fgmorph.com/fig_8_21.php
- ROSGEN, D.L. 2001: A Practical Method of Computing Streambank Erosion Rate. In: *Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference*, Vol. 2. 25-29 March 2001, Reno, NV. II – 9-15. http://www.wildlandhydrology.com/assets/Streambank_erosion_paper.pdf
- ROSGEN, D.L. 2008: *River Stability Field Guide*. – Wildland Hydrology, Fort Collins, CO.
- SCHWEITZER, F. 2015: Drainage network development in the Pannonian Basin. – *Hungarian Geographical Bulletin* 64. 2. 101-119.