

Magyar Földrajzi Társaság  
Societas Geographica Hungarica  
1872



# FÖLDRAJZI KÖZLEMÉNYEK



GEOGRAPHICAL  
REVIEW

141. évfolyam, 1. szám

2017

# FÖLDRAJZI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Földrajzi Társaság tudományos folyóirata

Geographical Review • Geographische Mitteilungen  
Bulletin Géographique • Bollettino Geografico • Географические Сообщения

Főszerkesztő  
MARI LÁSZLÓ

Szerkesztők  
EGEDY TAMÁS (felelős szerkesztő), BOTTLIK ZSOLT,  
HORVÁTH GERGELY, PAPP SÁNDOR

Szerkesztőbizottság  
FÁBIÁN SZABOLCS, GYÖRI RÓBERT, ILLÉS SÁNDOR,  
STEVEN JOBBITT, KOZMA GÁBOR,  
LÓCZY DÉNES, MUCSI LÁSZLÓ, SZABÓ GYÖRGY, TIMÁR JUDIT

Tudományos Tanácsadó Testület  
BELUSZKY PÁL, FRISNYÁK SÁNDOR, KERÉNYI ATTILA,  
KOCSIS KÁROLY, KOVÁCS ZOLTÁN,  
MEZŐSI GÁBOR, PROBÁLD FERENC, VARAJTI KÁROLY

Szerkesztőség: 1112 Budapest, Budaörsi út 45. Telefon, fax: (06-1) 309-2683  
E-mail: kozlemenyek@foldrajzitasasag.hu. Honlap: www.foldrajzitasasag.hu  
Az EBSCO által indexált és az MTA X. Földtudományok Osztályán kiemelt státuszba  
sorolt folyóirat.

## TARTALOM / CONTENTS

### Tematikus értekezések / Thematic studies

FARSANG ANDREA–BARTUS MÁTÉ–BARTA KÁROLY–SZATMÁRI JÓZSEF: Szerkezetes talajok deflációérzékenységének és talajtani tulajdonságainak összefüggései: terepi szélcsatorna kísérletek eredményei dél-alföldi csernozjom talajokon / Connection between wind erosion vulnerability and soil properties of aggregated soils: results of portable wind tunnel experiments on chernozems of the southern parts of the Great Hungarian Plain .....	1
KOVÁCS FERENC–VAN LEEUWEN BOUDEWIJN–LADÁNYI ZSUZSANNA–RAKONCZAI JÁNOS–GULÁCSI ANDRÁS: Regionális léptékű aszálymonitoringot támogató vegetáció- és talajnedvesség értékelés MODIS adatok alapján / Vegetation and soil moisture assessments based on MODIS data to support regional drought monitoring .....	14
SZILASSI PÉTER–TOBAK ZALÁN–VAN LEEUWEN BOUDEWIJN–SZATMÁRI JÓZSEF–KITKA DOROTTYA: A szárazodással kapcsolatos földrajzi tényezők és egy özönnövény terjedése közti kapcsolat vizsgálata a Dél-Alföldi Régió területén / Investigation of the drought related geographical background of an invasive plant species spreading in south Hungary .....	30
NAGY JUDIT–FIALA KÁROLY–BLANKA VIKTÓRIA–SIPOS GYÖRGY–KISS TÍMEA: Hullámtéri feltöltődés mértéke és árvizek közötti kapcsolat az Alsó-Tiszán / Connection between floodplain aggradation and floods on the lower Tisza, Hungary .....	44
MEZŐSI GÁBOR–BATA TEODÓRA–BLANKA VIKTÓRIA–LADÁNYI ZSUZSANNA: A klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az Alföldön / Potential impacts of climate change on environmental hazards in the Great Hungarian Plain .....	60
LISKA CSILLA MARIANN–MUCSI LÁSZLÓ–HENITS LÁSZLÓ: Hosszútávú felszínborítás-változások vizsgálata Csongrád megyében idősoros adatok felhasználásával, random forest módszerrel / Estimation of long-term land cover changes in csongrad county using time series data and random forest classifier .....	71

## **SZERKEZETES TALAJOK DEFLÁCIÓÉRZÉKENYSÉGÉNEK ÉS TALAJTANI TULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEFÜGGÉSEI: TEREPI SZÉLCSATORNA KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI DÉL-ALFÖLDI CSERNOZJOM TALAJKON**

FARSANG ANDREA – BARTUS MÁTÉ  
– BARTA KÁROLY – SZATMÁRI JÓZSEF

CONNECTION BETWEEN WIND EROSION VULNERABILITY  
AND SOIL PROPERTIES OF AGGREGATED SOILS:  
RESULTS OF PORTABLE WIND TUNNEL EXPERIMENTS ON CHERNOZEMS  
OF THE SOUTHERN PARTS OF THE GREAT HUNGARIAN PLAIN

### **Abstract**

Forecasts connected to global warming adumbrate the increasing summer temperature and decrease of the summer precipitation, which enhances the probability of wind erosion on both Arenosols and Chernozems in the Carpathian Basin. This research focuses on determining threshold friction velocities on different aggregated soils and quantifying soil loss by different wind erosion events with the help of portable wind tunnel experiments in the southern part of the Great Hungarian Plain. Results enable us to estimate the connection between selected soil properties and wind erosion vulnerability.

Both of the soils studied are similarly loamy Chernozems of high quality and the main difference between them is in their structure (ratio of crumbles), as well as in their carbonate and organic matter content. These differences have resulted in significant unlikeness in threshold friction velocities (6.5 to 13 m/s) and total soil loss (100 to 350 g/m<sup>2</sup>). Various sediment trapping methods have provided opportunities to determine the ratio of bed, saltation, and suspended load transport.

It can be stated that differences in the mean aggregate size, carbonate, and humus content can cause big differences in the wind erosion vulnerability and this highlights the importance of the suitable agrotechnology against deflation.

**Keywords:** wind erosion, in situ wind tunnel experiment, Chernozems

### **Bevezetés**

A 20–21. században tapasztalható intenzív talajhasználat a mezőgazdasági művelés alatt álló talajaink erőteljes degradálódását, terhelését vonja maga után. Globális szinten évente 20 milliárd tonnára becsülik a termőföldekről lepusztuló talajmennyiséget, az ebből származó terménycsökkenést 20 millió tonnára, a teljes termelés 1%-ára tehetjük (KERÉNYI A. 1991; KITKA G. 2009). A szélerózióval sújtott területek aránya Magyarországon szintén jelentős. Területének kb. 26%-án közepes és súlyos a defláció veszélyeztetettség. Ez körülbelül 2,6 millió hektárt jelent (LÓKI J. 2003). Főleg a nagy kiterjedésű homokterületek vannak veszélyben (MUCSI L. 1993; MEZŐSI G. – MUCSI L. 1994), mint például Belső-Somogy, a Kiskunság, vagy a Nyírség, de az erózió elleni védelem rendkívül fontos az értékesebb csernozjom talajjal rendelkező DK-i országrészben is (BAUKÓ T. – BEREGSZÁSZI P. 1990; BARCZI A. – CENTERI Cs. 2005). A Duna-Tisza-közén a deflációval veszélyeztetett területek aránya eléri a 23%-ot (SZATMÁRI J. 2005).

A defláció talajdegradáción túlmutató hatásai szintén sokrétűek. A defláció érzékeny talajokon a szél hatására a finomabb részecskék (agyag, iszap frakció) eltávoznak a talajból, amelyben a durvább frakció aránya megnő. A kedvezőtlen fizikai talajtulajdonságok

kialakulása (pl. a talaj vízkapacitásának változásán keresztül) a talajökológiai rendszerek hanyatlását eredményezhetik. A defláció jelentős humán-egészségügyi problémaként is megjelenhet, különösen azon települések lakosai esetében, melyek környezetében, az uralkodó szélirányban intenzív művelés alatt álló szántóterületek dominálnak. A szél által levegőbe kerülő talajrészecskék komoly hatást gyakorolnak az emberi és állati egészségre. A 10 µm-nél kisebb átmérőjű szállópor elég kis méretű ahhoz, hogy a szél könnyedén szállítsa és eljusson a tüdő legapróbb részeihez is, melynek hatására pl. hörghurut alakulhat ki. Ha hosszútávon ki vagyunk téve a porártalomnak, az komolyabb egészségügyi kockázattal járhat (TOY T. J. et al. 2002).

A hazai klímamodellezés fejlődésének köszönhetően az utóbbi években egyre pontosabb és részletesebb éghajlat-változási prognózisok jelentek meg a hazai szakirodalomban is. A hosszabb távú klimatológiai előrejelzések (MIKA J. et al. 1995; WEIDINGER T. et al. 2000; BARTHOLY J.–MIKA J. 2005; BARTHOLY J. et al. 2006; MEZŐSI G. et al. 2014) az elkövetkező évtizedekre a nyári félévek hőmérsékletének emelkedését, illetve csapadéknak csökkenését prognosztizálják. Az adatok jelzik, hogy a Duna-Tisza közén további, fokozatosan gyorsuló szárazodási folyamat játszódhat le (KERTÉSZ Á. et al. 2000; KOVÁCS F. 2006), így a változó klimatikus feltételek növekedést eredményezhetnek a szélerózió dinamikájában (MEZŐSI G. 1996).

A téma tájféldrajzi szempontú elemzését Csorba P. és munkatársai végezték el (CSORBA P. et al. 2012), mely Magyarországra kiterjedő modellezés eredménye a folyamatosan készülő tájfejlesztési, tájvédelmi, táj-rehabilitációs, illetve tájgazdálkodási tervek alapját képezheti. Csorba P. és munkatársai (2012) a modell szimulációkat a Palfai-féle aszályindex (PAI) módosított változatának (Palfai Drought Index, PaDI) alkalmazásával végezték. Ezek alapján egyértelműnek látszik, hogy a jövőben a fokozódó szárazodás hatására a talajok víztartalma csökkenni, ezzel együtt a defláció mértéke és az érintett terület nagysága növekedni fog. Az eredmények azt mutatják, hogy a szárazodás következtében már a 2021–2050 közötti időszakra a szélerózió szempontjából közepesen veszélyeztetetté válik az ország területének jelentős része. A leginkább érintett térségek a Duna-Tisza köze, Duna-menti sík, Gödöllői-dombság, valamint Belső-Somogy. A szárazodás fokozódásával a 2071–2100 közötti időszakra a szélerózió-veszélyeztetettség tovább fog fokozódni, amelynek során a Mezőföld, valamint a Marcal-medence és a Komárom–Esztergomi-síkság területe is erősen veszélyeztetetté válik (CSORBA P. et al. 2012).

A szélerózió tudományos megközelítése több irányból és célkitűzéssel történhet. Terepi in situ kísérletekkel és mérésekkel valós szélesemények alkalmával követhetőek nyomon legérzékenyebben a változások (eróziós tűk kihelyezése, szediment csapdák elhelyezése stb.) (LIVINGSTONE I. et al. 1996; SZATMÁRI J. 2006). A lejátszódó folyamatok aprólékos modellezése szélescsatornában lehetséges, ahol tetszés szerint változtatható a szélesebség, a talajparaméterek, a felszín érdessége és nedvességtartalma és még sok egyéb tényező. A szélescsatornák két típusa használatos a kutatásban: labor és terepi szélescsatorna vizsgálatok (LÓKI J. 1994, 2003a, b; MAURER T. et al. 2006; BACH M. 2008). A labor körülmények közötti vizsgálatok némi hibalehetőséget rejtenek magukban a talaj szerkezetének bolygatása, szállítás közbeni leromlása, valamint az alkalmazott minta előkészítési eljárások (szárítás, törés, szitalás) miatt. A terepi szélescsatornával végzett kísérletek már pontosabban közelítik a valós széleróziós értékeket, hátránya viszont jelentős költségigénye, valamint az, hogy a terepi körülmények között végzett vizsgálatok nehezebben standardizálhatók.

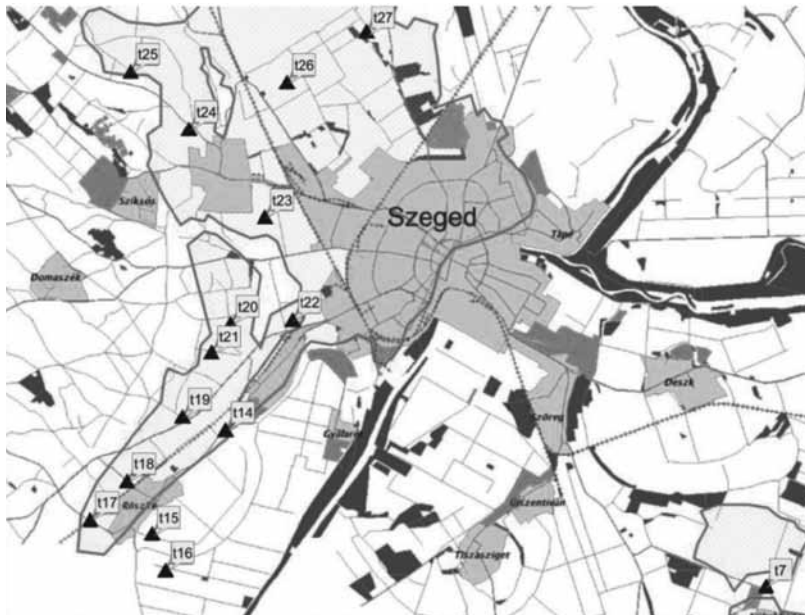
Hazánkban a homokterületeken fellépő széleróziós tevékenység mennyiségi és minőségi vizsgálatával foglalkozott – terepi mérési adatok felhasználásával – többek között BODOLAYNÉ 1966a, b; KIRÁLY M. 1970; BORSY Z. 1972; DIKKEH M. 1991; LÓKI J. 1994,

2003). Már az 1960-as évektől megjelentek a csernozjom talajaink veszélyeztetettségét vizsgáló kutatások is (BODOLAYNÉ 1966; BODOLAYNÉ et al. 1976), melyek foglalkoznak a széleróziót befolyásoló talajfizikai tulajdonságokkal, mint pl. a talajfelszín szerkezete és nedvességállapota. Az 1970-ben megépülő laboratóriumi szélsatornával LÓKI J. és munkatársai kiterjesztették a széleróziós vizsgálatokat különböző talajtípusokra, s így az Alföld kötöttebb talajaira is (LÓKI J.–SZABÓ J. 1996, 1997). LÓKI J. 1994-es és 2003-es értekezéseiben a szélerózió folyamatának laboratóriumi, szélsatornás vizsgálatait foglalta össze, Magyarország talajait reprezentáló több mint száz talajminta indítási küszöbességének meghatározása alapján térinformatikai eszközökkel megszerkesztette hazánk potenciális széleróziós térképét (LÓKI J. 2003). BLASKÓ L. és munkatársai (BLASKÓ L. et al. 1995) kötött talajok, köztük csernozjom talajok defláció érzékenységét laboratóriumi szélsatornában a küszöbesség és a talajok fizikai tulajdonságai (szemcseméret) közti összefüggést központba helyezve vizsgálták.

### Mintaterület, módszerek

Kutatásunk során Magyarország Dél-alföldi csernozjom talajú területeit vizsgáltuk azon céllal, hogy szélsatornával kvantifikáljuk a különböző szélesemények által okozott talajvesztés mértékét, meghatározzuk a szerkezetes talajok kritikus indítósebesség értékeit.

Vizsgálati területeink Békés megyében, Makótól K-re mintegy 10 km-re, Apátfalva külterületén, valamint Csongrád megyében Szegedtől ÉNY-ra 2 km-re helyezkedtek el. Az in situ szélsatornás kísérleteinket 2011. június 2–4. között Apátfalván, valamint Szegeden 2013 júliusában végeztük. A Szeged környéki csernozjom talajok különböző változatait 16 helyszínre kiterjedően 2014 júniusában vizsgáltuk (1. ábra). A talajmintákat szerke-



1. ábra Szeged környéki csernozjom talaj és változatainak mintavételi helyei (2014. június)  
Figure 1 Soil sampling points around Szeged (June 2014)

zeti vizsgálatok mellett részletes talajtani alapvizsgálatoknak (pH, humusz %, kötöttség, sótartalom), valamint a kűszöbsebesség értékek meghatározása céljából szélcsatornás kísérleteknek vetettük alá.

A kísérlet sorozatokhoz egy 12 m hosszú, 0,8 m széles és 0,75 m magas szélcsatornát használtunk. A szélcsatorna több részből áll. Egy nagy teljesítményű, 1,2 m átmérőjű ventilátor biztosította a légáramlatot, melyet egy 7,5 kW-os villanymotor hajtott meg. A nagyfeszültségű áramot aggregátor szolgáltatta. A ventilátort egy flexibilis cső követi, amely egy ún. laminátor részhez csatlakozik. A laminátor egy fémvázból és hálószerűen egymásra telepített csövekből áll. Laminátor alkalmazása nélkül a ventilátor forgó mozgása miatt a levegő örvényszerűen áramlana a csatorna egész területén. A laminátort egy szűkítő elem követi, amely immár egyenes vonalú légáramlatot vezet egy hétagú (egyenként 80×70×75 cm, összesen 5,6 m hosszú), alul nyitott szélcsatornába. A szélcsatorna által megfűjt talajfelszín összesen 3,36 m<sup>2</sup> nagyságú. Minden fűtési esemény 3 párhuzamos, 10 perc hosszú fűtési kísérletből állt. A szélesebbéget minden fűtési során horizontális és vertikális profilokban is mértük. A mérés Lambrecht Jürgens 642 típusú anemométer segítségével történt. A szuszpendálva és szaltálva szállított talajszemcsék mintázásához a szélcsatorna kimeneti nyílásába csapdázókat helyeztünk. A 2. ábrán a terepi szélcsatorna berendezés látható.

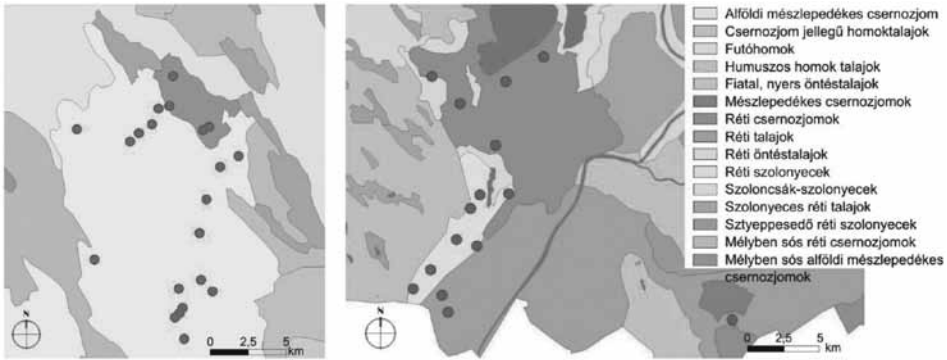


2. ábra Szélcsatorna (részei: 1. turbina, 2. laminátor, 3. szélcsatorna elemek, 4. szediment tálca, 5. szélcsatorna kimeneti nyílása, csapdázók területe)

Figure 2 The applied portable wind tunnel. Legend: 1 – turbine; 2 – laminator; 3 – wind tunnel elements; 4 – sediment trap for bed load sediments; 5 – different traps for saltation and suspended load sediments

A laboratóriumi vizsgálatokat megelőzően a mintákat 25 °C-on légszárzóra szárítottuk, majd a megfelelő előkészítést követően a következő talajtani paraméterek kerültek meghatározásra: aggregátum méreteloszlás szitálással, Arany-féle kötöttségi szám az MSZ-08-0205 : 1978 szabvány szerint, pH (H<sub>2</sub>O), karbonát-tartalom MSZ-08-0206/2 : 1978 szerint, a szervesanyag-tartalom pedig az MSZ 21470/52:1983 szabvány szerint. A szemcseösszetétel méréseket Particle sizer Analysette 22 MicroTec plus típusú, Fritsch gyártmányú lézer diffrakciós műszerrel végeztük.

A csernozjom talajok defláció érzékenységét a szerkezeti tulajdonságaival összefüggésben a Bácskai löszös síkság és a Dél-Tisza-völgy kistájak csernozjom területein vizsgáltuk. Figyelembe véve a talajok genetikus talajtípusát, a földek szántóként történő alkalmazását és az uralkodó szélirányt a Bácskai löszhát területén összesen 21 darab, míg a Dél-Tisza-völgy kistáj területén további 16 parcellát (3. ábra) válogattunk be a szerkezeti vizsgálatokba.



3. ábra Mintavételi helyek az Bácskai és Dél-Tisza-völgyi mintaterületeken, valamint a jellemző talajtípusok  
 Figure 3 Soil sampling points in the South Tisza Valley and in Bácska with indication of the typical soil types

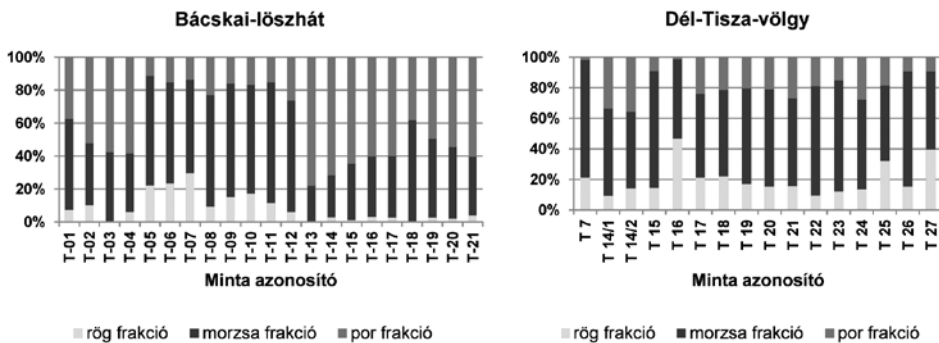
## Eredmények

### *Dél-alföldi (Bácska, Dél-Tisza-völgy) csernozjom talajok szerkezeti állapota*

A csernozjom talajtípusok jellemzője egészséges állapotban a morzsás genetikai talaj-szerkezet, ideális esetben 1-3 mm átmérőjű morzsák dominanciájával. A száraz szitálás során kapott aggregátum-eloszlásból következtetni lehetett a talajfelszíni, művelt réteg agronómiai szerkezetére. Ennek értelmében elmondható, hogy az alföldi mészlepedékes csernozjom talajtípusra jellemző morzsás szerkezet nem minden esetben volt megfigyelhető, több mintánál bizonyosodott be a talaj felső rétegének elporosodása. A klímastressztűrő állapot (BIRKÁS M. et al. 2010) a Bácskai löszháton vizsgált minták közül csupán egy esetben bizonyult igen jónak, azaz a vizsgált parcellák közül csupán egy rendelkezik kellő képességgel a káros éghajlati hatások mérséklésére, tompítására. További hat minta megfelelő klímastressztűrő képességű. Ezek a talajok a lehatárolt területek északi részén helyezkedtek el. 14 mintánál igazolódott be, hogy érzékeny, degradált talajokról van szó, ezek közül 5 minta klímastressztűrő képessége nem megfelelő. Ezeknél a porarány, valamint egy mintánál a rögrakciók mennyisége meghaladta a 25-30%-ot. Az igen kockázatos minősítést kapott talajok a mintaterület déli, illetve keleti felén helyezkednek el. A vizsgált terület leromlott szerkezetű tábláinak hosszanti tengelye jelentős hányadban párhuzamosan fut a régióra jellemző széliránnyal, ami növeli a defláció érzékenységet. A Dél-Tisza-völgyi táblák esetében kevésbé porosodott szerkezetéről beszélhetünk, csupán két mintaterület esetében haladta meg a por aránya a 30%-ot (4. ábra).

### *Dél-alföldi csernozjom talajok kritikus indító sebesesség értékei a szerkezeti állapottal összefüggésben*

A csernozjomok ilyen mértékű porosodása figyelemre méltó problémát jelent, hiszen a jó minőségű csernozjom talaj termőképessége a folyamat hatására csökken. Emellett a defláció mértéke is számottevő csernozjom talajainkon. Már viszonylag kis szélesebességű (15–17 m/s) és rövid idejű (10 perc) széleseményeknél is 1–1,2 t/ha az elszállított talajanyag (FARSANG A. et al. 2011, 2014). 10 perces 15 m/s-os (20 cm magasan mért) szélesemény hatására a csernozjom talaj aggregátum szerkezete jelentősen módosul. Szélcsatornás



4. ábra A feltalaj szerkezeti jellemzői a Bácskai löszhát és a Dél-Tisza völgy kistáj csernozjom területén  
 Figure 4 Aggregate size distribution of the studied Chernozems from the South Tisza Valley and from the Bácska Loessy Back

kísérleteink alapján a porfrakció elmozdulása következtében akár 10%-kal nő a feltalajban az 1–4 mm-es morzsák aránya (FARSANG A. et al. 2011).

A Szeged környéki csernozjom talajok az alföldi mészlepedékes csernozjom és a réti csernozjom talajtípusba sorolhatók, ill. ezen talajtípusok valamely változatát képviselik. Fizikai féleségük jellemzően vályog, agyagos vályog, kémhatásuk a gyengén savanyú és a gyengén lúgos között változik. Szerves C tartalmuk a csernozjom talajokra jellemzően átlagosan 1,62% (humusz 2,3%). A csernozjom talajokra jellemző küszöbsebesség értékek 9,2-14,2 m/s között változnak és átlagosan 10,1 m/s (10 cm-en mérve) körül alakulnak (1. táblázat). Terepi szélszatórnával mért értékeink jó közelítést mutatnak LÓKI J. (2003) által laboratóriumi szélszatórnában vályog, iszapos vályog talajokra meghatározott 9,3-9,8 m/s-os indítósebesség értékekkel.

1. táblázat – Table 1

Szeged környéki csernozjom talajok talajtani tulajdonságai és kritikus indítósebesség értékei (N=16)  
 Soil properties and threshold friction velocities on Chernozems around Szeged (N=16)

	pH (H <sub>2</sub> O)	KA	összsó (%)	szén-savas mésztartalom (m/m%)	szervesC tartalom (%)	rög frakció (%)	morzsa frakció (%)	por frakció (%)	GMD [mm]	Indító sebesség (10 cm) m/s
átlag	7,7	39	0,02	5,91	1,62	19,97	61,72	18,32	1,29	10,9
max.	8,0	57	0,06	19,00	2,88	46,67	77,17	35,39	2,08	14,2
min.	6,5	30	0,01	0,63	0,69	9,35	49,42	1,42	0,88	9,2
szórás	0,4	6	0,01	4,86	0,58	10,70	9,86	10,18	0,32	1,4

A kritikus indítósebesség értékek és a talajtulajdonságok közti összefüggéseket vizsgálva megállapítható, hogy az indítósebesség a vizsgált minták esetében leginkább a porfrakció arányával mutatott összefüggést, s azon belül pedig a 0,1–0,25 mm-es szemcse-tartományba eső frakció arányával (Pearson korreláció,  $r = -0,522$ , 0,01 szignifikancia szinten). Viszonylag erős, de nem szignifikáns a GMD értékek és a küszöbsebesség kapcsolata is, valamint szignifikáns pozitív kapcsolat van a talaj sótartalma és a kritikus indítósebesség között is (2. táblázat, 5. ábra).



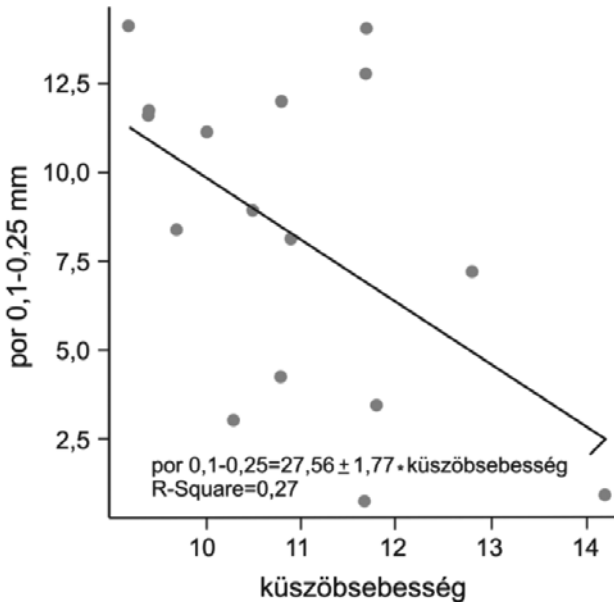
2. táblázat – Table 2

A talaj alaptulajdonságai, szerkezeti összetétele és a kritikus indító sebesség közti korrelációs vizsgálat eredménye (N=16)  
Correlation between soil properties, aggregate sizes and threshold friction velocities (N=16)

	pH	kötöttség	összsó	mész	humusz	rög	morzsa	por	GMD	indítóseb.
<b>pH</b>	1									
<b>kötöttség</b>	-0,51 <sup>1</sup>	1								
<b>összsó</b>	-0,90 <sup>2</sup>	0,55 <sup>1</sup>	1							
<b>mész</b>	0,44	-0,52 <sup>1</sup>	-0,52 <sup>1</sup>	1						
<b>humusz</b>	-0,47	0,37	0,44	-0,13	1					
<b>rög</b>	-0,09	0,62 <sup>1</sup>	0,23	0,07	0,06	1				
<b>morzsa</b>	-0,45	0,13	0,23	-0,38	0,35	-0,51 <sup>1</sup>	1			
<b>por</b>	0,53 <sup>1</sup>	-0,78 <sup>2</sup>	-0,46	0,30	-0,40	-0,56 <sup>1</sup>	-0,43	1		
<b>GMD</b>	-0,43	0,83 <sup>2</sup>	0,47	-0,25	0,29	0,82 <sup>2</sup>	0,05	-0,92 <sup>2</sup>	1	
<b>indítóseb.</b>	-0,59 <sup>1</sup>	0,18	0,54 <sup>1</sup>	-0,18	0,21	0,16	0,26	-0,42	0,39	1

<sup>1</sup> szignifikáns korreláció 0.05 szignifikancia szinten (2-tailed)  
significant correlation at level of significance 0.05 (2-tailed)

<sup>2</sup> szignifikáns korreláció 0.01 szignifikancia szinten (2-tailed)  
significant correlation at level of significance 0.01 (2-tailed)



5. ábra A küszöbsebesség és a Szeged környéki csernozjom talajok porfrakció (0,1–0,25 mm) aránya közti kapcsolat ( $r=-0,522$ ,  $N=16$ )

Figure 5 Connection between threshold friction velocity and dust fraction (0.1–0.25 mm) ratio at Chernozems around Szeged ( $r=-0.522$ ,  $N=16$ )

*A kritikus indítósebesség értékek összevetése  
dél-alföldi réti csernozjom talajokon*

A terepi szélescsatorna kísérletek alá vont két dél-alföldi (Szeged, Apátfalva) réti csernozjom terület, bár talajtípusa, talajképző kőzete egyezést mutat, egyes talajtani alaptulajdonságaiban eltér egymástól. A vizsgált területek talajai fizikai féleségüket tekintve vályog kategóriába esnek (FARSANG A. et al. 2011) (3. táblázat). A humusztartalom a feltalajban az apátfalvi területen magasabb, 4,5–4,8%. A kémhatás mindkét szelvény esetében a gyengén lúgos és lúgos között változik. A CaCO<sub>3</sub> tartalom a békési területen (Apátfalva) magasabb (12,2%), míg Szeged mellett 3,2–24,5% között alakul. A vízdoldható összes só értéke mindkét mintaterületen alacsony, 0,02–0,07% közötti értéket vesz fel. A LÓKI J. (2003) által készített Magyarország potenciális szeleróziós térképén mindkét terület a közepesen veszélyeztetett kategóriába esik, a „Kritikus indítósebesség értékei Magyarországon” c. térképlap alapján a területekre 8,6-10,5 m/s a várható indítósebesség érték. A Szegedtől É-ra eső réti csernozjomokon a LÓKI J. (2003) által is előjelzett, a csernozjom talajok fizikai félesége alapján prognosztizálható 6,5-9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke. A különbség oka a két terület talajának eltérő humusz- és karbonáttartalma, melyek a talaj szerkezetének kialakításában, a stabil szerkezeti elemek képződésében nagy szerepet játszanak. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát- és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány (3. táblázat) a küszöbsebességi érték növelésének irányába hatnak.

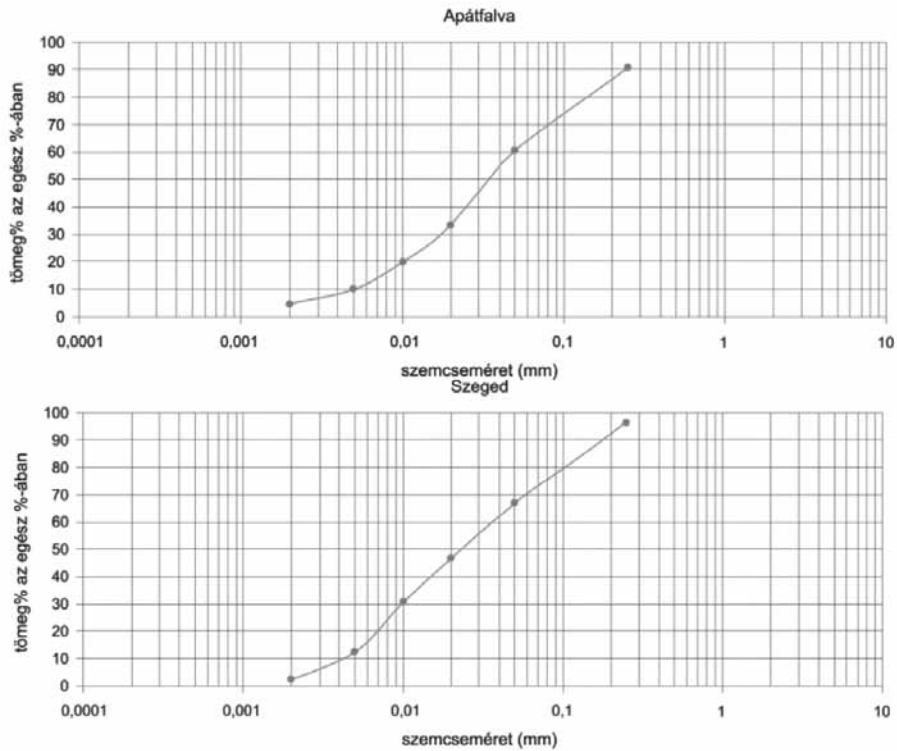
3. táblázat – Table 3

Az apátfalvi és szegedi kísérleti parcellák talajainak alapvizsgálata  
Soil properties of experimental plots in Szeged and Apátfalva

	Összeső tartalom (%)	pH	Karbonát tartalom (%)	Humusz%	Kötöttség (K <sub>A</sub> )
<b>Apátfalva</b>	0,05	8,2	12,2	4,5–4,8	38–42
<b>Szeged</b>	0,02	7,9–8,1	3,4–5,1	2,2–3,7	36–40

A különböző nagyságú szerkezeti elemek elmozdulását tekintve megállapítható, hogy a gördülő mozgás azokra a szemcsékre vagy aggregátumokra igaz, amelyek túl nehezek ahhoz, hogy a szél felemelje, s szaltáció útján mozgassa őket. Általában 0,5–20 mm méretű szemcsékre vonatkozik ez, de befolyásolja ezt az anyag sűrűsége is (LÓKI J. 2003). Kimutatták, hogy a mozgó anyag mennyiségének kb. 7–25%-a így közlekedik, függően a szél erejétől, ill. a szemcseösszetételtől. A pattogva ill. szaltálva mozgás a leggyakoribb üledékszállítási forma, az esetek 80–90%-ában így közlekedik az üledék (LÓKI J. 2003). Általában a 0,1–0,5 mm közötti szemcséket szállítja így a szél.

A két terület feltalajának mechanikai összetétele ugyan nem mutat jelentős eltérést (6. ábra), de az aggregátum összetételében jelentős különbség van a 0,5 mm alatti és feletti szerkezeti elemek megoszlásában. Az apátfalvi területen – feltehetően köszönhetően a szerkezeti elemek kötőanyagaként jelentős szerepet kapó magasabb CaCO<sub>3</sub>- és humusztartalomnak – a 0,5 mm morzsaátmérőt meghaladó szerkezeti elemek aránya 76,8%, míg a szegedi területen az az érték csupán 68,1%. A 0,5 mm-nél kisebb, tehát a széllel leginkább mozgékony szerkezeti elemek aránya a békési területen 23,1%, Szegednél 30,6% (4. táblázat).



6. ábra Az apátfalvi és szegedi mintaterület talajának mechanikai összetétele  
 Figure 6 Particle size distribution of soils from experimental plots in Szeged and Apátfalva

4. táblázat – Table 4

Az eredeti talajfelszín aggregátum összetétele a két vizsgált területen  
 (tömeg%, Apátfalva n=3, Szeged n=10)  
 Aggregate size distribution of the original soil surface on the two studied plots  
 (Apátfalva n=3, Szeged n=10)

mm	Apátfalva felszín m/m%	Apátfalva szórás	Szeged felszín m/m%	Szeged szórás
>4	14,4	3,9	23,90	1,7
2–4	18,4	1,7	9,50	1,5
1–2	25,1	1,2	18,40	1,9
0,5–1	19,0	1,4	16,30	1,7
0,25–0,5	9,7	1,3	11,20	1,9
<0,25	13,4	2,6	19,37	1,5

A szerkezeti elemösszetételben, valamint a humusz- és CaCO<sub>3</sub> tartalmában megfigyelhető különbségek hatására a Szeged melletti csernozjom mintaterület talaja defláció érzékenyebb. A feltalajban mért magasabb humuszkoncentráció, valamint a 0,5 mm-nél kisebb szemcsék magasabb aránya következtében kisebb indító sebesség értékeket, nagyobb

áthalmazódó talajmennyiséget, valamint ezzel együtt nagyobb mennyiségű humusz- és foszfor elmozdulást mértünk az egységesen 10-10 perces fújtási kísérleteink alkalmával (5. táblázat).

5. táblázat – Table 5

A kritikus indítósebesség és az elmozduló talajanyag mennyiségének összevetése az apátfalvi és szegedi réti csernozjomon végzett kísérletekre vonatkozóan  
Threshold friction velocities and weight of shifting soil in Szeged and Apátfalva

	Kritikus küszöbsebesség (m/s)	Áthalmazódó talajmennyiség (átlag) ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )
Apátfalva	13	115,1
Szeged	6,5–9,0	343,2

Különbőség figyelhető meg továbbá az elszállítás módjában is: míg a kisebb szerkezeti elemekkel jellemezhető szegedi csernozjom területen a 13–15 m/s-os szélesemények során a talajanyag áthalmazódása ~2%-ban görgetve történik, ~51%-a szaltálva és mintegy 47%-a szaltálva és lebegtetve távozik a területről, addig az apátfalvi szerkezetesebb talajú területen a talajelmozdulás döntő többségét a görgetve szállított talajanyag teszi ki, s a szaltálva, ill. lebegtetve távozó frakció mennyisége a teljes talajmozgáshoz viszonyítva csupán 10,7%–17,4% között változik (6. táblázat) (FARSANG A. 2016).

6. táblázat – Table 6

A csapdázókban (WAST) és a süllyesztett tálcában mért üledék mennyiségek (A1-A10 sorozat) alapstatisztikai értékei a különböző magasság-intervallumokban becsült szállítás típusok arányaival (Szeged)  
Statistics of measured sediment amounts (A1-A10 range) in different traps with ratios of bed, saltation and suspended load sediments (Szeged)

WAST csapda	A különböző magasságokban elszállított talajanyag becsült értéke medián (g)	Maxi- mum (g)	Mini- mum (g)	Szórás	Mozgás típusa	
0–7,5 cm	360,15	1065,0	159,1	33,2	szaltálva	51,0%
7,5–15,0 cm	170,50	1015,3	124,7	262,6		
15,0–22,5 cm	94,04	915,7	54,7	257,6	szaltálva	47,04%
22,5–52,5 cm	347,41	2020,4	80,0	62,7	és lebeg- tetve	
52,5 cm –	46,35	212,7	7,3	2,9		
Tálca	17,73	61,6	6,7	17,31	görgetve	2,0%

## Összefoglalás

A hosszabb távú klimatológiai előrejelzések az elkövetkező évtizedekre a nyári félévek hőmérsékletének emelkedését, illetve csapadékának csökkenését prognosztizálják. Mindezek következtében a Duna-Tisza közén fokozatosan gyorsuló szárazodási folyamat játszódhat le, s az így változó klimatikus feltételek 30-50%-os növekedést eredményezhetnek a szélerezio dinamikájában.

Munkánk során dél-alföldi mintaterületek szerkezetes talajait in situ körülmények között terepi szélcsatornával vizsgáltuk azon céllal, hogy számszerűsítsük a különböző szélesemények által okozott talajveszteség mértékét, meghatározzuk a szerkezetes talajok kritikus indítósebesség értékeit, s eredményeink alapján megállapításokat tegyünk a talajaink sajátosságok és a deflációs érzékenység összefüggéseire.

A terepi szélcsatorna kísérletek alá vont csernozjom területek talajai textúrájukban nem, de egyes talajtani alaptulajdonságaikban (aggregátum összetétel, humusz %,  $\text{CaCO}_3$  tartalom) kismértékben eltérnek egymástól. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány a küszöbsebességi érték növekedésének irányába hat. A Szegedtől É-ra eső csernozjomokon 6,5–9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke, ami közel háromszoros talajveszteséget eredményezett.

A 10 párhuzamos fújatósi kísérlet során a sülyesztett tálcában és a WAST csapdázó különböző magasságaiban összegyűlt, s a szélcsatorna keresztmetszet arányos részére felszorozott átlagos szediment mennyiségét alapul véve megállapítható, hogy a csernozjom talajainkat érő 13–16 m/s-os szélesemények során a talajanyag áthalmazódása a korábban labor szélcsatornában mért arányokhoz hasonlóan (FARSANG A. 2016) ~2%-ban görgötve történik, ~51%-a szaltálva és mintegy 47%-a szaltálva és lebegtetve távozik a területről. A csak lebegtetve elmozduló szediment arányának elkülönítésére, tekintettel a szélcsatorna magasságára, nem volt lehetőség.

Megállapítható tehát, hogy egyazon talajtípusba eső, s azonos textúrájú szerkezetes talajok esetében a talajszerkezet állapota, valamint az arra ható karbonát- és humusztartalom meghatározó elemek a deflációveszélyesség, valamint a talajelmozdulás mértéke és módja szempontjából.

---

FARSANG ANDREA

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
farsang@geo.u-szeged.hu

BARTUS MÁTÉ

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
bartus.mate@gmail.com

BARTA KÁROLY

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
barta@geo.u-szeged.hu

SZATMÁRI JÓZSEF

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
szatmari@geo.u-szeged.hu

#### IRODALOM

- BACH, M. 2008: Aolische Stofftransporte in Agrarlandschaftem. PhD Dissertation. Christian-Albrechts Universität zu Kiel. Kiel
- BARCZI A.–CENTERI CS. 2005: Az erózió és a defláció tendenciái Magyarországon. – In: STEFANOVITS P.–MICHÉLI E. (szerk.): A termőföld jelentősége a XXI. században. 403 p. Budapest: MTA TKK, 2005. pp. 221–244.
- BARTHOLY J.–MIKA J. 2005: Időjárás és éghajlat – cseppben a tenger? – Magyar Tudomány 7. 789–798.
- BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R.–TORMA CS.–HUNYADY A. 2006: A Kárpát-medence térségére a XXI. századra várható klímaváltozás becslése. – III. Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei. CD kiadvány. ISBN 9639545120 p. 11.

- BAUKÓ T.–BEREGSZÁSI P. 1990: Egyszerűsödő agrár-tér szerkezet – fokozódó szélkárosodás Békés megyében. – *Környezetgazdálkodási évkönyv* pp. 87–95.
- BÄRRING, L.–JÖNSSON, P.–MATSSON, J.O.–ÅHMAN, R. 2003: Wind erosion on arable land in Scania, Sweden and the relation to the wind climate: a review. – *Catena* 52. pp. 173–190.
- BLASKÓ L.–KARUCZKA A.–YÍRI L.–ZSEMBELI J. 1995: Kötött talajok szélereziozis érzékenységi vizsgálata *Agrokémia és Talajtan* 44. 3–4. pp. 497–503.
- BIELDERS, C. L.–RAJOT, J.–AMADOU, M. 2002: Transport of soil and nutrients by wind in bush fallow land and traditionally managed cultivated fields in the Sahel. – *Geoderma* 109. pp. 19–39.
- BIRKÁS M.–SZEMÓK A.–MILAN M. 2010: A klímaváltozás talajművelési, talajállapot tanulságai. – „Klíma-21” Füzetek 61. pp. 141–152.
- BODOLAY I-NÉ 1966a: Szélereziozis elleni védekezés öntözött homokterületeken. – *Agrokémia és talajtan* 14. 1–2. pp. 1–15.
- BODOLAY I-NÉ 1966b: A szélereziozis hatása a Bácskai-löszháton. – *Agrokémia és talajtan* 15. 1–2. pp. 372–383.
- BODOLAY I-NÉ–MÁTÉ, F.–SZÜCS, L. 1976: A szélereziozis hatása a Bácskai-löszháton. – *Agrokémia és Talajtan* 25. 1–2. pp. 96–103.
- BORSY Z. 1972: A szélereziozis vizsgálata a magyarországi futóhomok területeken. – *Földrajzi Közlemények*. 20. (2–3) 156–160.
- CSORBA P.–BLANKA V.–VASS R.–NAGY R.–MEZŐSI G.–MEYER, B. 2012: Hazai tájak működésének veszélyeztetettsége új klímaváltozási előrejelzés alapján. – *Földrajzi Közlemények* 136. 3. pp. 237–253.
- DIKKEH, M. 1991: A szélereziozis néhány törvényszerűségének és védekezési lehetőségének vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Gödöllő. p. 128.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p. 876.
- FARSANG A. 2016: A víz- és szélereziozis szerepe a talaj humusz- és elemtartalmának horizontális átrendeződésében. MTA doktori értekezés. Szeged p. 183.
- FARSANG, A.–BARTUS, M.–BARTA, K.–SZATMÁRI, J. 2013: Csernozjom talajok in situ szélereziozis vizsgálata terepi szélcsatornával. – *Talajvédelem*, pp. 157–169.
- FARSANG A.–BARTUS M.–SZATMÁRI J.–BARTA K.–DUTTMANN R. 2013: In situ determination of the wind erosion caused nutrient loss on Chernozems by portable wind channel experiments. – *Journal of Earth Science and Climatic Change* 4:(Spec. Iss.) p. 67.
- FARSANG, A.–SZATMÁRI, J.–NÉGYESI, G.–BARTUS, M.–BARTA, K. 2011: Csernozjom talajok szélereziozis okozta tápanyag-áthalmozódásának becslése szélcsatorna-kísérletekkel. – *Agrokémia és Talajtan* 60. 1. pp. 87–102.
- GOOSSENS, D. 2002: On-site and off-site effects of wind erosion. In: *Wind erosion on agricultural land in Europe*. – In: WARREN A. (szerk). Office for Official Publications of the European Communities. EUR 20370, pp. 29–38.
- KERÉNYI A. 1991: Talajereziozis. Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 219.
- KERTÉSZ Á.–HUSZÁR T.–TÓTH A. 2000: Soil Erosion Assessment and Modelling. In: *Physicogeographical Research in Hungary*. – In: KERTÉSZ Á. et. al. (szerk.) *Studies in Geographical Research* Inst. HAS, Budapest. pp. 63–74.
- KIRÁLY M. 1970: A Duna–Tisza közti ültetvények talajvédelme. Doktori értekezés. Budapest.
- KITKA G. 2009: Optimális területhasznosítás tervezése kisvízgyűjtő méretarányban az EROSION 3D talajereziozióbecslő modell segítségével. PhD Disszertáció, Kézirat SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék p. 146.
- KOVÁCS F. 2006: Tájváltozások értékelése geoinformatikai módszerekkel a Duna–Tisza közén különös tekintettel a szárazodás problémájára. PhD értekezés. p. 106.
- LIVINGSTONE, I.–WARREN, A. 1996: *Aeolian geomorphology: an introduction*. Addison-Wesley Longman, Harlow, p. 211.
- LÓKI J. 1994: Mezőgazdaság-központú természetföldrajzi vizsgálatok a Duna-Tisza köze É-i felének példáján. Kandidátusi értekezés. Debrecen. p. 199.
- LÓKI J. 2003: A növényzet szélereziozis elleni védőhatásának vizsgálata szélcsatornában, Környezetvédelmi mozaikok, Debrecen. 291–306.
- LÓKI J. 2003: A szélereziozis mechanizmusa és magyarországi hatásai. MTA doktori értekezés. Debrecen p. 265.
- LÓKI J.–SZABÓ J. 1996: Neuere Windkanaluntersuchungen der Deflationssensibilität von Böden des Ungarischen Tieflandes. *Zeitschrift für Geomorphologie*. 40. Berlin-Stuttgart. pp. 145–159.
- LÓKI J.–SZABÓ J. 1997: Az alföldi talajok deflációérzékenységi vizsgálata szélcsatornában. Regionális Agrárkutatási és Vidékfejlesztési Workshop. Kompolt. 73–83.
- MAURER, T.–HERRMANN, L.–GAISER, T.–MOUNKAILA, M.–STAHR, K. 2006: A mobile wind tunnel for wind erosion field measurements. – *Journal of Arid Environments* 66. pp. 267–271.
- MEZŐSI G. 1996: The predicted wind erosion rate in the Carpathian Basin. Abs. of the IAG ERC’96. Budapest, p. 86.

- MEZŐSI G.–BATA T.–MEYER B.–BLANKA V.–LADANYI ZS. 2014: Climate Change Impacts on Environmental Hazards on the Great Hungarian Plain, Carpathian Basin. *International Journal of Disaster Risk Science* 5. 2. pp. 136–146.
- MUCSI L. 1994: Soil erosion and sand movement in the southern part of Hungary in: *Remote Sensing – From Research to Operational applications in the New Europe: Proceedings of 13<sup>th</sup> EARSeL Symposium*. ROBIN VAUGHAN (szerk) Budapest: Springer Hungarica Kiadó, (ISBN:963 7775 42 0, 2-908885-08-5) pp. 189–200.
- MEZŐSI G.–MUCSI L. 1993: Soil erosion assessment with the help of remote sensing methods. In: J.L. VAN GENDEREN–R.A. VAN ZUIDAM–C. POHL (szerk.): *Proceedings of the international symposium on operationalization of remote sensing. Vol 9., Operationalization of remote sensing for earth science applications* (ISBN: 90161640962). pp. 29–41.
- MIKA J.–AMBRÓZY P.–BARTHOLY J.–NEMES CS.–PÁLVÖLGYI T. 1995: Az Alföld éghajlatának időbeli változékonysága és változási tendenciái a hazai szakirodalom tükrében. – *Vízügyi közlemények* 77. pp. 262–283.
- STEFANOVITS P.–VÁRALLYAY GY. 1992: State and management of soil erosion in Hungary. In: *Proceedings of the Soil Erosion and Remediation Workshop. US – Central and Eastern European Agro-Environmental Program*. pp. 79–95.
- STERK G.–HERRMANN L.–BATIONO A. 1996: Wind-blown nutrient transport and soil productivity changes in Southwest Niger. – *Land degradation & development* 7. pp. 325–335.
- SZATMÁRI J. 2005: The evaluation of wind erosion hazard for the area of the Danube-Tisza Interfluve using the Revised Wind Erosion Equation. – *Acta Geographica Szegediensis* 38. pp. 84–93.
- SZATMÁRI, J. 2006: Geoinformatikai módszerek és folyamatmodellek alkalmazása a széléroziós vizsgálatokban, Doktori (PhD) értekezés tézisei. Kézirat. Szegedi Tudományegyetem p. 112
- SZATMÁRI J. 2007: Investigation of wind erosion and dust pollution in the Danube-Tisza Interfluve. In: KOVÁCS CSABA (szerk.): *From villages to cyberspace: In commemoration of the 65<sup>th</sup> birthday of Rezső Mészáros*, 471 p. Szeged: SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, pp. 429–438.
- THYLL, Sz. (szerk.) 1992: *Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken*. Mezőgazda Kiadó. Budapest. p. 350.
- TOY, T.J.–FOSTER, G.R.–RENARD, K.G. 2002: *Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control*. New York: John Wiley and Sons, 338 p.
- WEIDINGER T.–BARTHOLY J.–MATYASOVSKY I. 2000: A globális éghajlatváltozás lokális hatásainak vizsgálata hazánkban. – *Földrajzi Közlemények* 124. pp. 75–92.

## **REGIONÁLIS LÉPTÉKŰ ASZÁLYMONITORINGOT TÁMOGATÓ VEGETÁCIÓ- ÉS TALAJNEDVESSÉG ÉRTÉKELÉS MODIS ADATOK ALAPJÁN**

KOVÁCS FERENC – VAN LEEUWEN BOUDEWIJN – LADÁNYI ZSUZSANNA  
– RAKONCZAI JÁNOS – GULÁCSI ANDRÁS

VEGETATION AND SOIL MOISTURE ASSESSMENTS BASED ON MODIS DATA  
TO SUPPORT REGIONAL DROUGHT MONITORING

### **Abstract**

Climate models predict a combined trend of higher average temperatures and less precipitation for the Carpathian Basin. This makes the region vulnerable to future droughts. Droughts are complex phenomena that require large amounts of data to study them. Point measurements acquired by measurement stations provide accurate data with high temporal resolution, but for a limited number of locations. Satellite data can be used to complement point measurements to extend the amount of information available for drought studies. This research presents three methods to study drought at regional scale based on medium resolution satellite data. We determined that satellite based indices (DDI, NDDI) show a strong correlation coefficient with a drought index (PAI) based on meteorological data. Furthermore, we show that EVI based vegetation productivity has a strong relationship with the severity of drought. Finally, we show that medium resolution satellite data can be used to estimate soil moisture content.

**Keywords:** MODIS, remote sensing, water scarcity, climate change, spectral indices

### **Bevezetés**

A mezőgazdaság Földünk szinte minden területén ki van szolgáltatva az időjárás szeszélyességéből adódó szélsőséges vízháztartási helyzeteknek. A monszun területeken egy-egy elmaradó vagy a szokásosnál később jelentkező csapadékos időszak komoly éhezést, a túl sok csapadék pedig rendkívüli árvizeket okoz. A mediterrán térségben a kevés csapadék az utóbbi évtizedben vízellátási gondokat okozott. A kontinentális éghajlati területeken pedig – így hazánkban is – az aszály szinte természetes, ahogy ezt a történelmi feljegyzések (RÉTHLY A. 2009) is bizonyítják.

A természetesnek tekinthető változékonyság mellé társultak az utóbbi években az egyre határozottabban megnyilvánuló klímaváltozás hatásai. A klímaváltozás hatásai általában ritkán érvényesülnek az országok, régiók fejlesztési elképzeléseiben (MIKA J. 2014; NÉMETH A. 2015), pedig a döntéshozást támogató vizsgálatok hiányában a pénzügyi és környezeti veszteségek tovább halmozódhatnak. A klimatológusok szerint a klímaváltozás egyik legfontosabb következménye a globális léghőmérséklet növekedése mellett az egyre szélsőségesebb csapadékeloszlás. Ezt a hatást Magyarországon is érezhetjük, hiszen amíg a 20. század folyamán csak öt olyan év volt, aminek csapadéka legalább 200 mm-rel eltért az előző évitől, addig a 21. század eddig eltelt másfél évtizede alatt már négy ilyen is tapasztalhattunk úgy, hogy egymást követő években (pl. 2010 és 2011) fordult elő a legtöbb és legkevesebb csapadék is. A regionális klíma modellek előrejelzései alapján a Kárpát-medencében az átlaghőmérsékletek növekedése, és a nyári csapadékösszegek csökkenése várható (MEZŐSI G. et al. 2016), éppen ezért nagy jelentőséggel bír, hogy a mezőgazdaság megfelelő információkkal rendelkezzen a vegetáció állapotáról és érzékenységről, valamint a talajok nedvességtartalmáról. A változások monitorozása biztosíthat lehetőséget a szélsőségekből fakadó gádzádkodási problémák enyhítésére.



A monitoring vizsgálatokhoz szükséges hőmérsékleti-, talajnedvesség-, csapadék- és egyéb klímaadatokat pontszerű mérőhálózatok mérik, amelyeknek köszönhetően hosszú és nagy időbeli felbontású adatok állnak rendelkezésre. Nemzetközi viszonylatban is cél a mérőhálózatok kibővítése és ezáltal a nagyobb térbeli felbontás elősegítése. Sajnos a pontszerű mérőhálózatok bővítése egy bizonyos léptéken túl nem lehetséges, viszont a távérzékelte adatok integrációjával térben folytonos adatsorok előállítása válhat lehetővé (PETROPOULOS, G. 2014). Magyarországon az elmúlt időszak fejlesztései nyomán a csapadék, a hőmérséklet, de leginkább a talajnedvesség megfigyelésére kialakított hálózat is bővült, melynek adatait az aszály és a belvíz megfigyelésébe is integrálták (BARTA K. et al. 2013; BLANKA V.–LADÁNYI ZS. 2014).

Bár az Országos Meteorológiai Intézet az ország számos pontján gyűjti az éghajlati adatokat, és 14 mérőállomás közel másfél évszázados adatsorral is rendelkezik, azonban az ilyen pontszerű információk nem használhatók elég operatív módon a mezőgazdasági gyakorlat számára. A vízügyi ágazat együttműködésével, közel 70 mérőállomás adatainak felhasználásával, 2001 óta havonta készülő Integrált Vízháztartási Tájékoztató áttekintő értékelést és előrejelzést ad a vízgazdálkodás és a vízkárelhárítás legfontosabb feladataihoz (OVF 2016). A mezőgazdaság számára megoldást nyújtó öntözéshez Kormányrendelet – 115/2014. (IV. 3.) – biztosítja az ingyenes vízhasználatot, de a vízügyi beruházások elmaradása kiszolgáltatottá teszi a magyar mezőgazdaságot, és a védett területeinket is az aszály kártételeivel szemben.

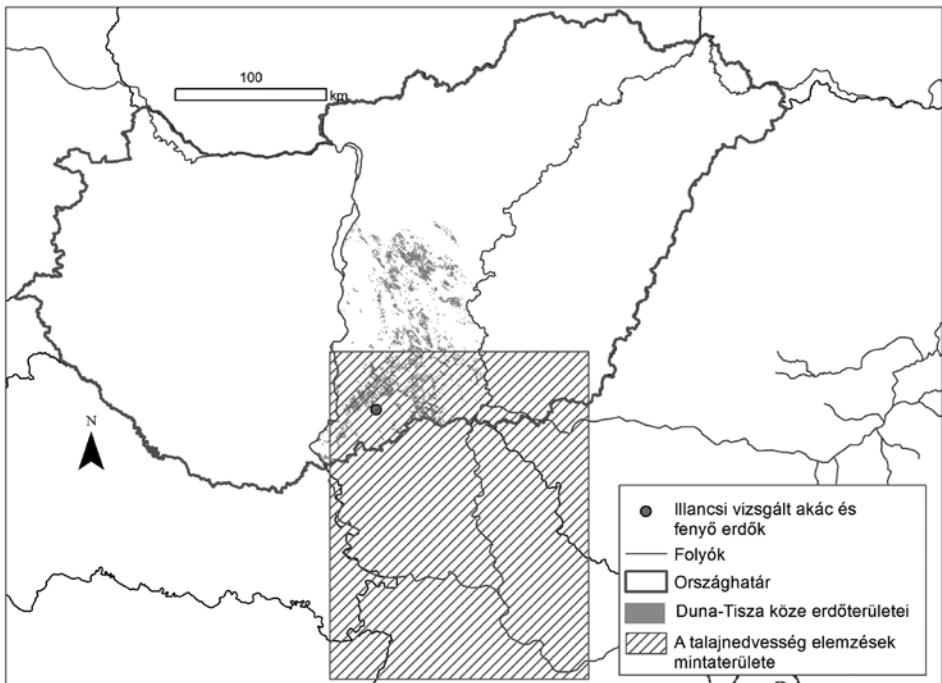
A műholdas távérzékelés folyamatos fejlődése újabb lehetőségeket kínál arra, hogy területileg részletesebb és időben gyorsabb képet kaphassunk a gazdálkodás számára fontos felszíni és felszínközeli területek vízellátottságáról. Amíg a multispektrális űrfelvételek a kezdeti időszakban idő- és térbeli felbontásuk miatt inkább csak vegetációs aktivitás változásainak regisztrálását tették lehetővé, addig napjainkban 250 méter felbontású MODIS adatok akár naponta, míg 5-20 méteres Sentinel képek pár naponta is rendelkezésre állhatnak. Az idők során kifejlesztett spektrális indexek pedig a folyamatok, változások különböző típusainak értékelését teszik lehetővé. A jelenlegi kutatások egyik fontos feladata, hogy a műholdas mérések adatait a pontszerű terepi mérések, valamint az ezekre alapozott tapasztalati mutatók (pl. a Pálfi-féle aszályindex) adataival „kalibráljuk”, és így nagy területekre vonatkozóan, jobb terepi felbontással, szinte naprakész információkat adhassunk a gyakorlat számára. A jelen kutatásban közepes felbontású távérzékelte adatok segítségével három módszert alkalmazva vizsgáljuk és számszerűsítjük az aszály hatását kárpát-medencei mintaterületen.

## Mintaterület és módszerek

A tanulmányunkban bemutatott vizsgálatok léptéke országos, regionális és lokális (*l. ábra*). A részletes regionális és lokális elemzések leginkább a Duna–Tisza közére vonatkoznak, mely terület jelentős része különösen érzékeny a természeti és ember okozta változásokra. Az egyik legjelentősebb környezeti tényező az éghajlat, és annak észlelhető változásai (BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R. 2007), melyeket felerősítettek az erőteljes antropogén tevékenységek, mint például a folyószabályozások és az árvíz elleni védekezés a 19. században, a felszíni vizek lecsapolása az 1900-as években, s a felszín alatti vizek túlzott kitermelése a társadalmi és gazdasági igények kiszolgálása érdekében. Az egyre gyakoribb és nagyobb mértékű aszályok, valamint az antropogén tényezők a talajvízszint (PÁLFI I. 1994; RAKONCZAI J. 2011), és a nyílt vízfelületek csökkenéséhez (KOVÁCS F. 2013) járultak hozzá, továbbá a só és vízforgalom átalakulása miatt a talajok és a vege-

táció változásait is megfigyelték (IVÁNYOSI SZABÓ A. 1994; BIRÓ M. et al. 2008; PUSKÁS I. et al. 2012).

A Terra MODIS műholdképekből számított indexek alkalmasnak bizonyulhatnak az aszály rövid távú tér- és időbeli változásainak a nyomon követésére, regionális földrajzi léptékben (KOVÁCS F. 2007; BLANKA V.–LADÁNYI ZS. 2014; GULÁCSI A.–KOVÁCS F. 2015). A nagy időfelbontás kiegészülve a nagy területi kiterjedéssel a 2000. év óta lehetővé teszi a regionális trendek és ciklikus folyamatok kimutatását, igaz a kis geometriai felbontás miatt a pixel szintű jelenségek nyomon követése nehéz. Napjainkban számos hiteles, atmoszféricusan korrigált, előre kiszámított terméket állítanak elő, melyek ingyenesen elérhetők (pl. LP DAAC adatbázis). Az eredeti pixelek optimális kiválasztása alapján 8 vagy 16 napos kompozit felvételeket hoznak létre, melyek mindig az adott napok legjobb adatminőségű képpontjaiból állnak össze. Minőség adatok is rendelkezésre állnak, melyek pixel szinten jelzik a felhasználhatóságot befolyásoló tényezők jelenlétét (pl. felhőborítás, árnyék). Az adatok szűrésével az értékelés bizonytalanságát igyekeztünk csökkenteni, amihez az eszközök egy részét a MODIS minőségértékelő csoportja bocsátott a felhasználó közösség részére (ROY, D.P. et al. 2002). A kompozit képek értékei meg vannak szorozva 10 000-rel, amin a számítások során nem változtattunk.



1. ábra A vizsgált mintaterületek elhelyezkedése  
Figure 1 Locations of the study areas

A szinuszoidális vetületű, HDF formátumban lévő adatokat, UTM vetületi rendszerbe transzformáltuk, a legközelebbi szomszéd átmintázási módszert alkalmazva. A minőség-korrektció elvégzése után, a Magyarországot lefedő felvételeket EOVS rendszerbe transzformáltuk. Az utóbbi 15 év minőség-ellenőrzése alapján az 500 m-es cellaértékek esetén az ország adott pontjára átlagosan 75% érvényes pixelértéket kapunk. Az elemzésben

alkalmazott alapadatok reflektancia és felszíni hőmérséklet, továbbá normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) és továbbfejlesztett vegetációindex (EVI) (HUETE, A. et al. 2002) adatok voltak 250, 500, 1000 m felbontásban; MOD09, MOD13, MOD11 termékek. Az adatmennyiséget jellemzi, hogy a 8 napos összesítésű MOD09 felvételek feldolgozása a 2000–2014 időszak április–augusztus hónapjaira összesen 358 db műholdképet jelent.

Az aszály számszerűsítésére, valamint referenciaadatként a kutatásban a Pálfi-féle aszályindexet (PAI) használtuk (PÁLFI I. 1989):

$$PAI = \frac{\left[ \sum_{i=apr}^{aug} T_i \right] / 5}{\sum_{i=oct}^{aug} (P_i \cdot w_i)} \cdot 100 \cdot k_t \cdot k_p \cdot k_{gw}$$

ahol:  $T$  – hőmérséklet;  $P$  – csapadék,  $w_i$  – súlyozó tényező,  $k$  – korrekciós tényezők (hőmérséklet, csapadék, talajvíz).

Az országos PAI értékeket a 2000–2014 közötti időtartamra a Nemzeti Aszálystratégia vitaanyag (Vidékfejlesztési Minisztérium 2012), illetve KOZÁK P. (2015) alapján digitalizáltuk. A tanulmány a továbbiakban esettanulmányokon keresztül mutatja be az aszály megfigyelésének lehetőségeit három, az alábbiakban részletezett módszer szerint.

#### *DDI és NDWI alapú aszályértékelés (2000–2014)*

Az aszály értékelésének egyik távérzékelési módszere a normalizált differenciált aszályindex (NDDI) (Gu, Y. et al. 2007):

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI}$$

ahol: 
$$NDVI = \frac{NIR_{858nm} - Red_{645nm}}{NIR_{858nm} + Red_{645nm}}; \quad NDWI = \frac{NIR_{858nm} - SWIR_{2130nm}}{NIR_{858nm} + SWIR_{2130nm}}$$

A rövidítések: NDWI – normalizált differenciált vízindex, Red – vörös-, NIR – közeli infravörös-, SWIR – közepes infravörös hullámhossz-tartomány felszíni reflektancia értékek.

A mennyiségi elemzésekre alapozva a növényzeti víztartalom becslésében a tapasztalatok szerint az NDWI felülmúlja az NDVI-t (JACKSON, T.J. et al. 2004). A SWIR sávban a növényekben található víz abszorpciója magas, míg a NIR sáv szükséges a levél belső szerkezet változatosságának és a szárazanyag-tartalom változásainak magyarázására. Ha csökken a víztartalom, akkor a SWIR csatornában szignifikánsan megnövekedő reflektancia miatt az NDWI érték csökken. Az SWIR sávnak a NIR sávhoz történő viszonyításával a víz tömegét, térfogatát érzékeljük. Aszály esetén a vízindex értékek nagyobb mértékben csökkennek, mint a vegetációindex értékek, így az NDDI pozitív eltérése aszályt jelezhet.

Az NDDI számításakor szükséges átskálázás utáni újabb számolás torzítást visz bele az adatokba, illetve az index nemlineáris viselkedése bizonytalanná teszi az eredményeket és a referenciaadatok megváltozására sem kapunk arányos választ. Az egyszerűbb változat, a differenciált aszályindex (DDI) bevezetése kiküszöböli ezt a problémát, a víz- és vegetációindex közti különbség számolásával új információkat nyerünk:

$$DDI = DVI - DWI$$

ahol: 
$$DVI = NIR_{858nm} - Red_{645nm}; \quad DWI = NIR_{858nm} - SWIR_{2130nm}$$

A rövidítések: DVI – differenciált vegetáció index; DWI – differenciált víz index.

Az NDWI–NDVI és a DWI–DVI tényezők közötti közel lineáris statisztikai kapcsolat érvényesíti az aszályindexeket (GULÁCSI A. – KOVÁCS F. 2015). A vegetáció- és vízindexeknél a normalizált változatok jobban teljesítenek, ezért ez utóbbiakat értékeljük.

### *A vegetáció produktivitásának és a PAI index összefüggésének értékelése (2000–2016)*

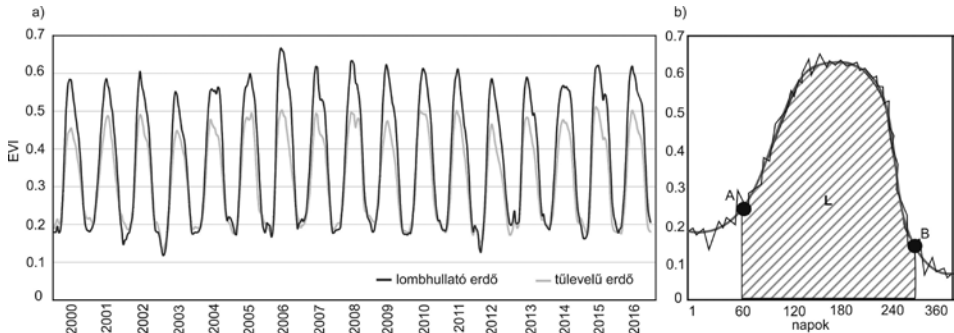
Az elemzésekben a MODIS 13Q1 termék EVI és NDVI vegetációs index adatait alkalmaztuk. A vegetáció produktivitását (2. ábra) a vegetációs periódust jellemző vegetációs index görbe alatti területéből számítottuk (VAN LEEUWEN, B. et al. 2016), és ennek átlagtól való eltérését hasonlítottuk össze a Pálfai aszályindexszel (PAI) akác és fenyő erdőfoltokra olyan területen, ahol a talajvízszint mélysége miatt a növényzet jelentős mértékben kitett az éghajlati változékonyságnak. Arra kerestük a választ, hogy milyen mértékű a kapcsolat az adatsorok között, hiszen ezen összefüggés erőssége jelentős mértékben alátámaszthatja a terület klímaextrémeknek való kitettségét még kis vízigényű fajok esetében is.

Az EVI az NDVI korrekciós tényezőkkel ellátott változata, minimalizálja a légköri zavaró hatásokat és a talaj-fényesség indukálta változásokat (SOLANO, R. et al. 2010):

$$EVI = \frac{NIR_{858nm} - Red_{645nm}}{NIR_{858nm} + C_1 \cdot Red_{645nm} + C_2 \cdot Blue_{469nm} + L} \cdot G$$

ahol: Blue – kék hullámhossz-tartomány felszíni reflektancia érték, L – lombzat háttér igazítás együttható,  $C_1$  és  $C_2$  – aeroszol-ellenállás együtthatók, G – erősítés vagy skálázási tényező. Az együtthatók értékei:  $L = 1$ ,  $C_1 = 6$ ,  $C_2 = 7,5$  és  $G = 2,5$ .

Célunk volt továbbá a Duna–Tisza köze erdeinek monitoring jellegű megfigyelése a 2000–2016 közötti időtartam nyári féléveire. A 250 m-es cellaháló szerinti, 66%-os fedettségű és minimum 3 db összefüggő pixelből álló foltok kerülnek elemzésre a Corine Land Cover 2000, 2006, 2012 adatok alapján. A 2012. évi erdők 49%-a hasonló felszínfedettségű 2000 óta.



2. ábra a) A vegetációs index értékekből felrajzolható hosszú idősoros adatok lombhullató és tűlevelű erdőfoltok példáján, b) a vegetációs index görbék éves sematikus ábrája szemléltetve a vegetációs periódusra jellemző főbb paramétereket (A: vegetációs periódus kezdete, B: vegetációs periódus vége, L: éves biomassza produkciót jellemző görbe alatti terület)

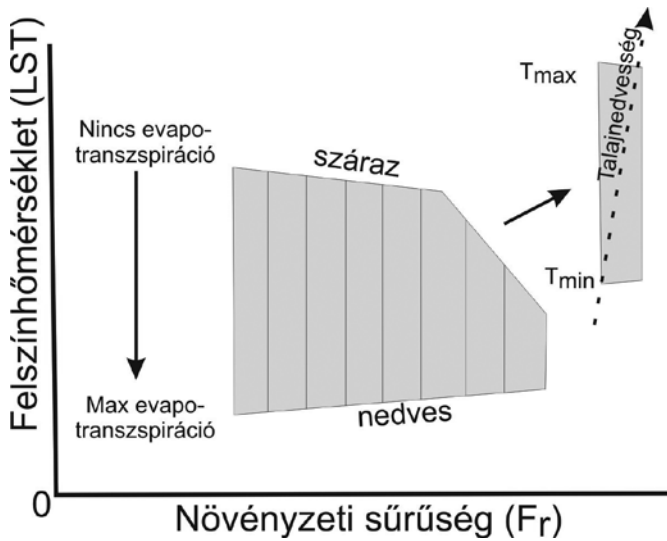
Figure 2 a) Vegetation index data series for deciduous and coniferous forests b) vegetation index curve for a vegetation period describing the main investigation parameters (A: beginning of the vegetation period,

B: end of the vegetation period, L: Long integral representing annual biomass production)

### *Az aszály számszerűsítése MODIS termékekből számolt talajnedvesség adatokkal*

A talajnedvesség szerepe az aszály megfigyelésben nagyon fontos tényező (SENEVIRATNE, S.I. et al. 2010). Hagyományos módon a talajnedvességet pontszerű mérésekkel különböző

mélységekben mérik. Ezen mérések nagy időfelbontású és pontos adatokat szolgáltatnak, viszont nehezen kiterjeszthetők, nem nyújtanak reprezentatív információkat. A talajnedvesség mintázatának nagy területre vonatkozó részletes értékelését több megközelítésben, távérzékelte adatok segítségével vizsgálják. Az egyik módszer mikrohullámú adatok alapján becsüli a talajnedvességet a száraz és nedves állapotú talajfelszín dielektromos tulajdonságainak különbsége alapján. A mikrohullámú szenzorok által becsült talajnedvesség hátránya a passzív mikrohullámú adatok kis térbeli- és kisebb időbeli felbontása, valamint jelentős érzékenysége a vegetációs borításra és a felszín érdességére (PATEL N.R. et al. 2009). A másik módszer a hasonló vegetációsűrűség mellett lineáris kapcsolatot feltételez a talajnedvesség és a felszín hőmérséklete között (VICENTE, S.M. et al. 2004, MALLICK, K. et al. 2009) (3. ábra), és ez alapján becsüli a talajnedvességet.

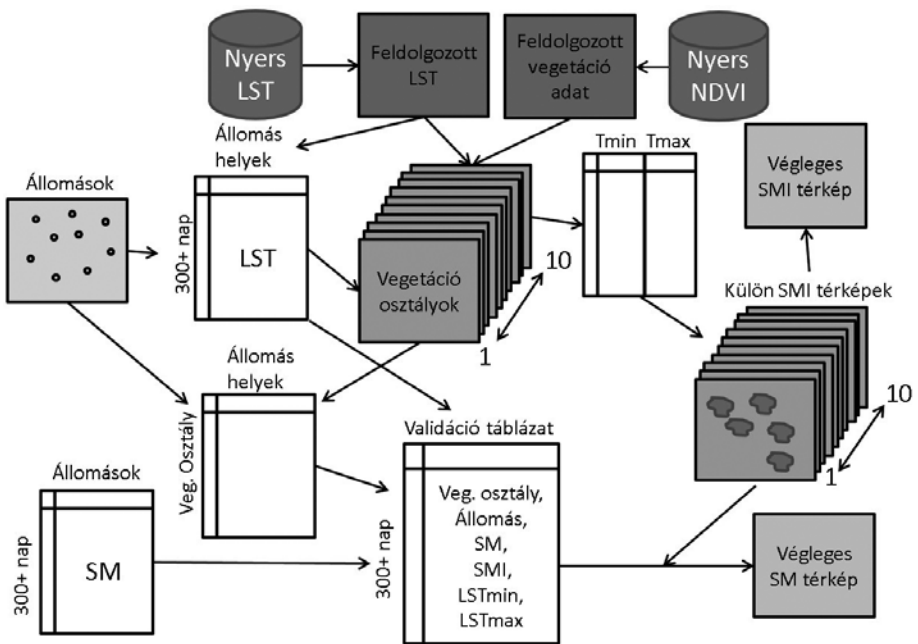


3. ábra A felszíni hőmérséklet, a talajnedvesség és a vegetációsűrűség közötti kapcsolat (VICENTE, S.M. et al. 2004; MALLICK, K. et al. 2009 alapján)  
 Figure 3 Relationship between surface temperature, soil moisture and vegetation fraction (after VICENTE, S.M. et al. 2004; MALLICK K. et al. 2009)

A MODIS szenzor 16 napos NDVI kompozit terméke alapján (MODIS 13Q1) a mintaterületet 10 hasonló növényzeti sűrűséggel jellemezhető területre osztottuk. Mindegyik területre kiszámítottuk a minimum felszín-hőmérsékletet a MOD11A1 felszín-hőmérséklet adatok alapján (WANG, Z. 1999), mely meghatározta a legnagyobb talajnedvesség értékeket, míg a legmelegebb területekhez a legszárazabb talajfelszínt rendeltük. A teljes munkafolyamat 5 fő lépésből áll: 1) az NDVI adatok feldolgozása, 2) a felszín-hőmérséklet (LST) adatok feldolgozása, 3) az LST-NDVI összefüggéseinek meghatározása, 4) a talajnedvesség-index (SMI) adatok kiszámítása, 5) a talajnedvesség (SM) térkép létrehozása (4. ábra).

- 1) A MOD13Q1 szűrt adataiból egy térbeli részadathalmazt hoztunk létre, és úgy kalibráltuk, hogy az adatok a  $-1$  és  $1$  tartományba essenek. Ezen adatokat normalizáltuk, és kiszámítottuk az  $F_v$  növényzeti sűrűség paramétert.
- 2) MOD11A1 felszíni talajhőmérséklet adatok szűrését követően a részadathalmazt kalibráltuk. Az 1000 m-es felbontású LST adatból 250 m-es adatot állítottunk elő, hogy a felbontás igazodjon a NDVI adat felbontásához.

- 3) A vegetáció sűrűség adatokat 10 azonos intervallumú osztályba soroltuk, majd a felszín-hőmérséklet réteg alapján minden vegetáció osztályra vonatkozóan kiszámítottuk a minimum és maximum LST értékét. Ezután minden osztályra meghatároztuk az LST és az SMI értékek közötti lineáris kapcsolatot.
- 4) A lineáris kapcsolat alapján mind a 10 vegetáció sűrűség osztályra kiszámítottuk az SMI értékét. A 10 külön SMI térképből pedig összeillesztettük a teljes mintaterület SMI térképét.
- 5) A talajnedvesség index térképet a Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék terepi talajnedvesség-mérőállomás hálózat (BARTA K. et al. 2014) adataival kalibráltuk, és átszámítottuk az index értékeit relatív felszíni talajnedvesség értékekké (SM vol/vol).



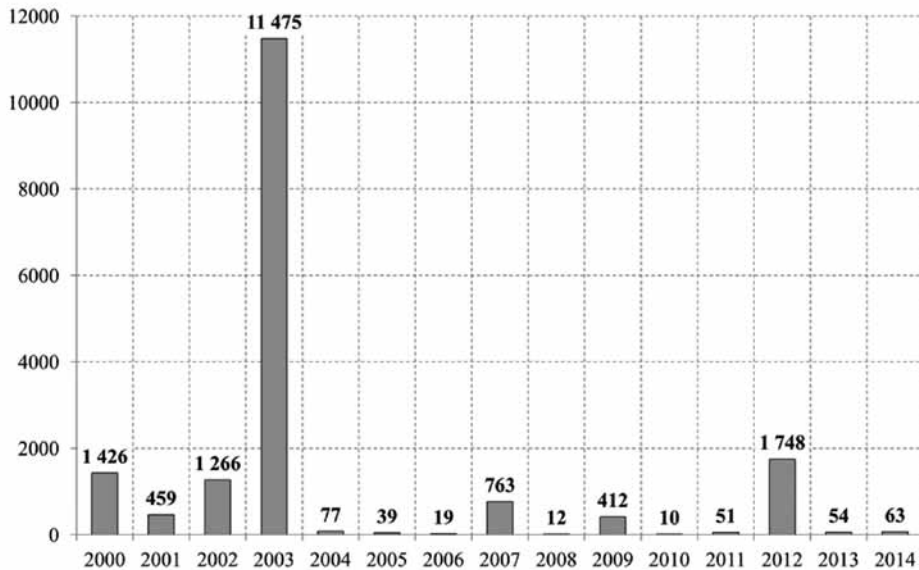
4. ábra A talajnedvesség adat számításának folyamatábrája  
Figure 4 Flowchart of the data processing workflow

## Eredmények

### DDI és NDWI alapú aszályértékelés (2000–2014)

A spektrális index alapú aszályértékelésénél a 2000–2014 közötti tenyészidőszakokra számolt átlagtól vett eltéréseket aszerint osztályoztuk, hogy azok hány szórásértékkel térnek el az átlagtól. Véleményünk szerint aszályos egy terület, ha a 15 éves DDI referencia-átlagot legalább egyszeres szórásértékkel meghaladja. Az ilyen mértékű eltérés már nem a változékonyság kategóriájába tartozik, tényleges változásokat jelölhet. A többszörös szórás meghaladó anomáliák komolyabb változásokat tükrözhetnek (pl. tájhasználat-váltás). Pixelenként határoztuk le az átlag feletti, pozitív spektrális index anomáliájú területeket. DDI alapján hazánkban a 2003. nyári félévében volt a legnagyobb az aszálykiterjedés:

11 475 km<sup>2</sup>. Ezt követi a 2012. (1748 km<sup>2</sup>) és 2000. év (1426 km<sup>2</sup>). Utána 2002, 2007, 2001, 2009 a sorrend. Nem tekinthető aszályosnak a 2004–2006 közötti idő, valamint 2008, 2010, 2011, 2013. és 2014. évek (5. ábra). Aszályt mutató osztályokhoz tartozó területek a nem aszályos években is előfordulnak 10–77 km<sup>2</sup> közötti értékben, mely növényzeti veszteség értékek erdőirtásokból, állati kártevők pusztításaiból (pl. 2014-ben a mezei pocok túlszaporodás) is származhatnak.



5. ábra Az aszály sújtotta területek kiterjedése hazánkban a DDI index alapján (km<sup>2</sup>)  
 Figure 5 Area (km<sup>2</sup>) affected by drought in Hungary based on DDI index

A 6. ábra a DDI szóráserkékek szerinti aszályos területek földrajzi elhelyezkedését mutatja folytonos skálán. A negatív eltérések az átlagosnál dúsabb növényzetet jeleznek. Az aszályindexek monoton növekvő, míg a többi egyszerű index monoton csökkenő trendet mutat a PAI értékek emelkedésével. Főleg az NDVI és NDWI mutatnak statisztikailag szignifikánsnak tűnő kapcsolatot a PAI-val (7. ábra). A lineáris összefüggések az NDVI és az NDWI esetén a variancia 81–82%-át leírják.

Az eredményül kapott regressziós egyenletek:

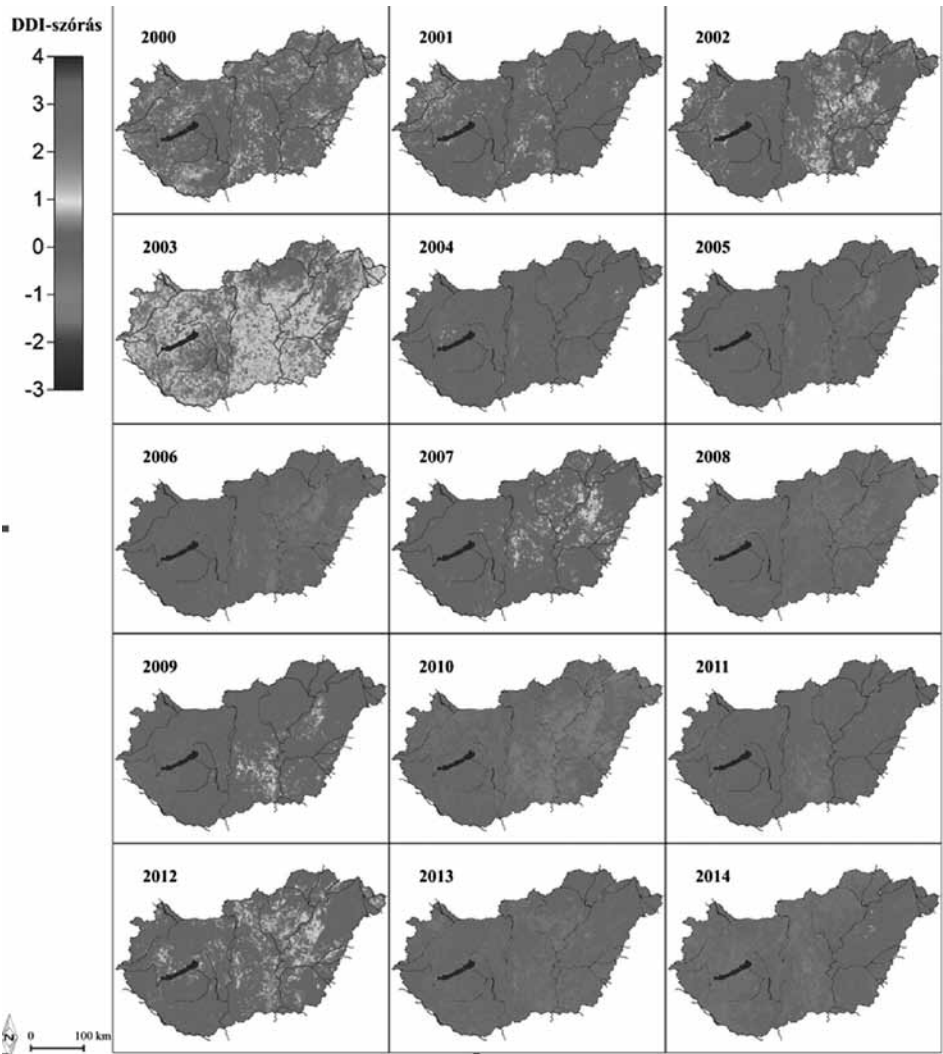
$$PAI = -10,904 + 0,0286 \cdot DDI \quad (r^2=0,64, p=0,00035)$$

$$PAI = 27,367 - 52,421 \cdot NDWI \quad (r^2=0,82, p=3,25 \cdot 10^{-6})$$

$$PAI = 60,354 - 86,686 \cdot NDVI \quad (r^2=0,81, p=4,67 \cdot 10^{-6})$$

A vizsgálat során a terepi adatok és a műholdas adatokra alapozott elemzések között néhány anomáliát tapasztaltunk. A regressziós egyenletek alapján kalkulált Pálfai-féle aszályindex és a tényleges PAI értékek összehasonlításakor 2001-ben a DDI, NDDI – ellentétben a PAI-val – aszályt jelez, az NDDI ráadásul 2001-ben veszi fel maximum értékét. A 2013. év a PAI szerint aszályos, míg a DDI szerint nem az. Az NDVI csak 2005-ben tér el jelentősebben a PAI-tól, míg az NDWI ezen kívül még 2013-ban is.

Az országos PAI értékekkel való összevethetőség miatt fontos, hogyan befolyásolja a felszínborítás heterogenitása a különböző index értékeket; azaz mik adnak aszályos



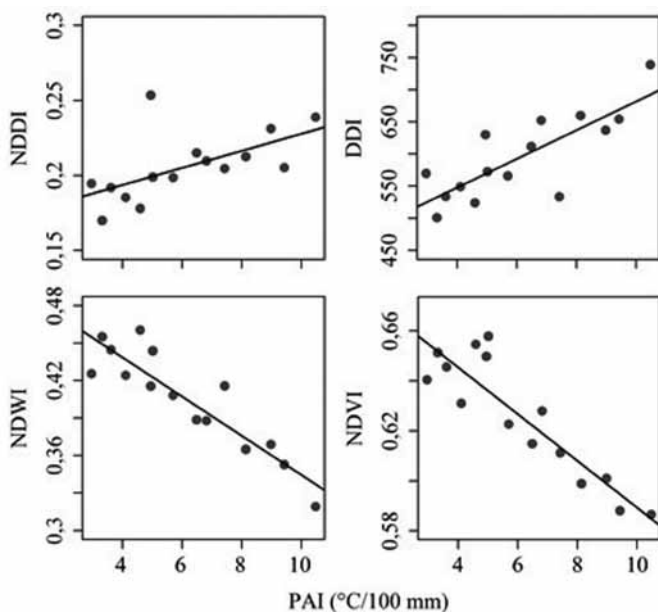
6. ábra Hazánk tenyészidőszaki aszálytérképei az átlagtól vett DDI szórások alapján (2000–2014)

Figure 6 Drought maps of Hungary based on the deviations of DDI compared to the multiannual average (2000–2014)

jelet? A klaszteranalízis során számolt eredményklaszterek közül azok tekinthetők aszályosnak, melyek meghaladják a 2000–2014 közötti tenyészidőszaki átlagtól vett egyszeres szórásértéket.

Az NDDI, NDWI és az NDVI esetén aszályosnak osztályozódtak a városi felszínek. Az NDWI nem képes elkülöníteni a vízfelszínt a nagy nedvességtartalmú növényzettől. A DDI országosan alkalmazható, mert nem ad kiugró értéket beépített felszínek esetén, érzékeli a nagyobb vízfelületeket. Az NDWI és az NDVI esetén fontos lehet a vegetációval borított felszínek pontos lehatárolása. A CORINE LAND COVER 2000–2006–2012 adatbázis szerinti másfél évtized alatt az ország felszínborításának körülbelül 6%-a változott meg, aminek több mint a fele erdőgazdasági változás. Az erdőgazdálkodás irtásai





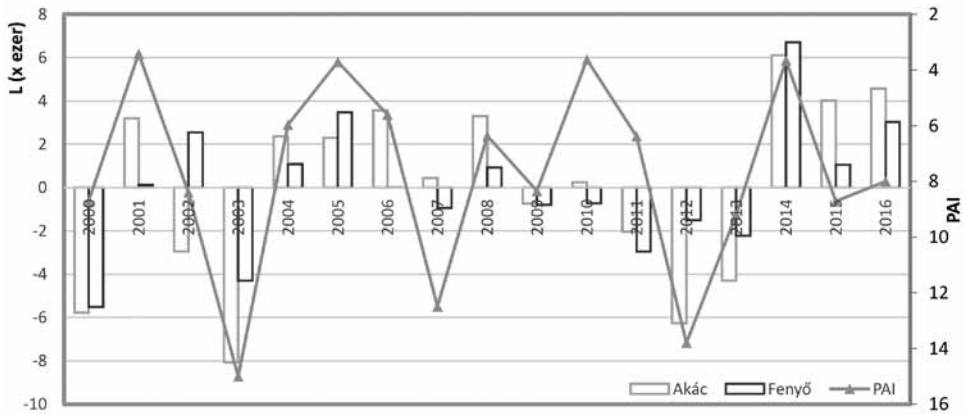
7. ábra A spektrális indexek és a PAI kapcsolata lineáris regressziók alapján  
 Figure 7 Relationship between the spectral indices and the PAI using linear regression

és telepítései, mesterséges beépítések, a mezőgazdasági változások is befolyással vannak az indexértékekre, de mindezek az alkalmazott léptékben elfogadható mértékű bizonytalanságot eredményeznek.

#### *EVI biomassza produkció és a Pálfai index összefüggéseinek értékelése (2000–2016)*

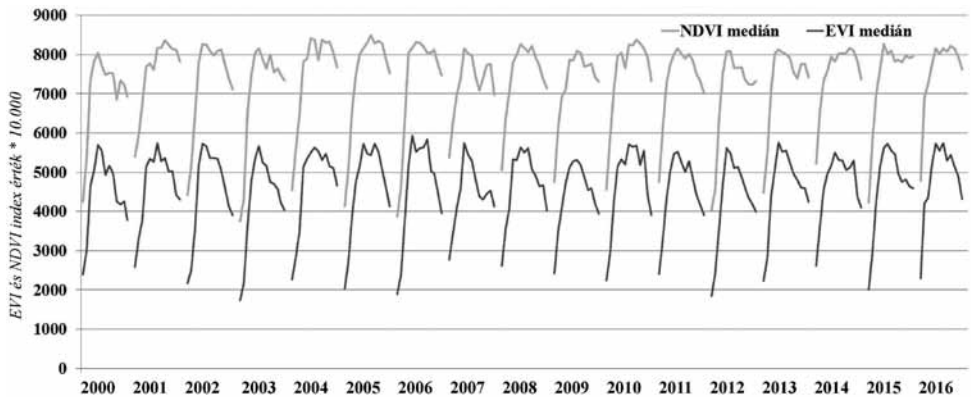
A DDI index alapján végzett vizsgálathoz hasonlóan, a vízhiány szempontjából kitett illanci mintaterületen 2003 és 2012 voltak a legaszályosabb évek, mely években a vizsgált fenyő és akác erdők is jelentős negatív biomassza produkció anomáliát mutattak (8. ábra). Jelentős negatív eltérés jellemezte még a 2000-es évet is, mely évben a mintaterületen az igen kevés (300 mm-t megközelítő) csapadék, valamint a növények számára nem elérhető talajvíz-készlet játszott szerepet. Habár 2007-ben a PAI index aszályos évet jelez, a biomassza produkcióban negatív eltérés nem mutatkozik, melynek oka lehet a 2006-os csapadékos év kedvezőhatása is a növényzet számára. Általánosságban elmondható, hogy az akác a fenyőhöz képest az aszályos években jelentősebb negatív anomáliákat mutatott. A csapadékos években (pl. 2004, 2006, 2014) a vizsgált erdők biomassza produkciói pozitív anomáliát mutattak, viszont a 2010-ben tapasztalt extrém mennyiségű (1000 mm feletti) csapadék nem eredményezett extrém mértékben kiugró anomáliát egyik faj esetében sem, melynek oka a homok talajnak köszönhető gyors beszivárgás és a mélyen fekvő talajvízszint.

A vegetáció ebben a tájban is nagymértékben függ a csapadék és hőmérséklet viszonyoktól, amely jól visszatükröződik a vegetáció biomassza produkciója és a PAI aszály-index szoros kapcsolatában. A lineáris regresszió vizsgálat eredményéül kapott determinációs koefficiens értéke nem magas ( $0,259 < r^2 < 0,424$ ), melynek okai az esetleges helyi módosító tényezőkben, az egymást követő extrém vízellátású évek növényzetet befolyásoló hatásában, és a fajokra jellemző belső tulajdonságokban is kereshetők.



8. ábra Az EVI értékek alapján számolt éves biomassza termelést jellemző görbe alatti terület (L) és a PAI összefüggése a szűkebb mintaterületen (Illancs)

Figure 8 Relationship between PAI and the annual biomass production (L) on the Illancs study area



9. ábra Lomblevelű erdő EVI és NDVI medián értékei 2000–2016 között

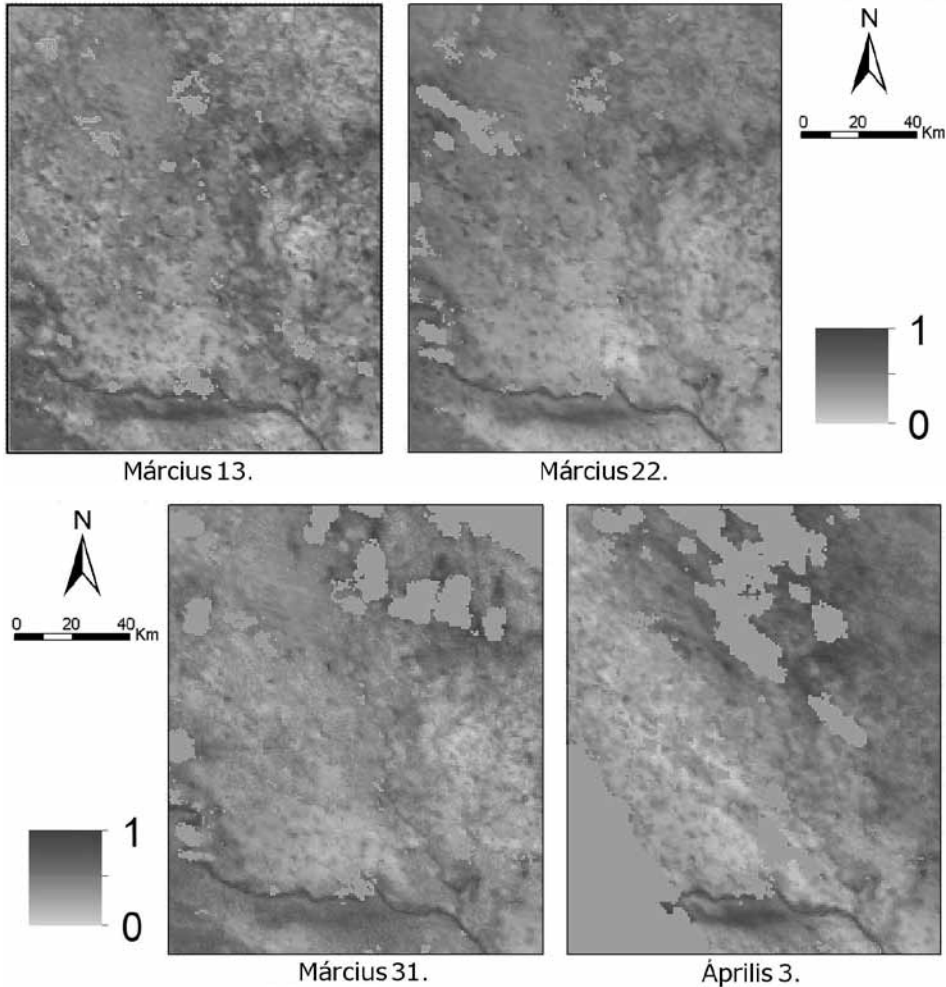
Figure 9 Median NDVI and EVI values of deciduous forests between 2000 and 2016

A Duna–Tisza közére kiterjedő átfogó vizsgálat 2000–2016 közötti, lomblevelűeket jellemző adatsorában trend nem mutatható ki (9. ábra). A legmagasabb értékeket a 2006. évben találjuk, ami a 2004. márciustól jellemző kedvező, csapadékosabb időszak csúcserkéje, de jellemző, hogy ez a 2007. szárazabb évre gyorsan lecsökken. 2010. évre is hiába jellemző a rekord mértékű csapadék, egyedülálló nedvesebb évként nem mutat kiugró indexeredményeket. A változásokat tekintve feltűnő a 2006–2009 közötti csökkenés. A 2006. és 2010. évek változékonyságán is jól látható a csapadék és a spektrális indexek közötti kapcsolat. A lomblevelű felszín az ezredforduló óta kb. 15%-os növekedést mutatnak, de ennek a biomassza-termék növekedése már 38%.

*Az aszály számszerűsítése MODIS termékekből számolt talajnedvesség adatokkal*

Az összes 16 napos időszakra letöltöttük a napi MOD11 és MOD13 termékeket 2015. január 1. és november 1. között. Minden jó minőségű adattal rendelkező napra készítettünk SMI térképet. A 10. ábra négy időpontban szemlélteti az elkészült, 1000 m-es felbontású

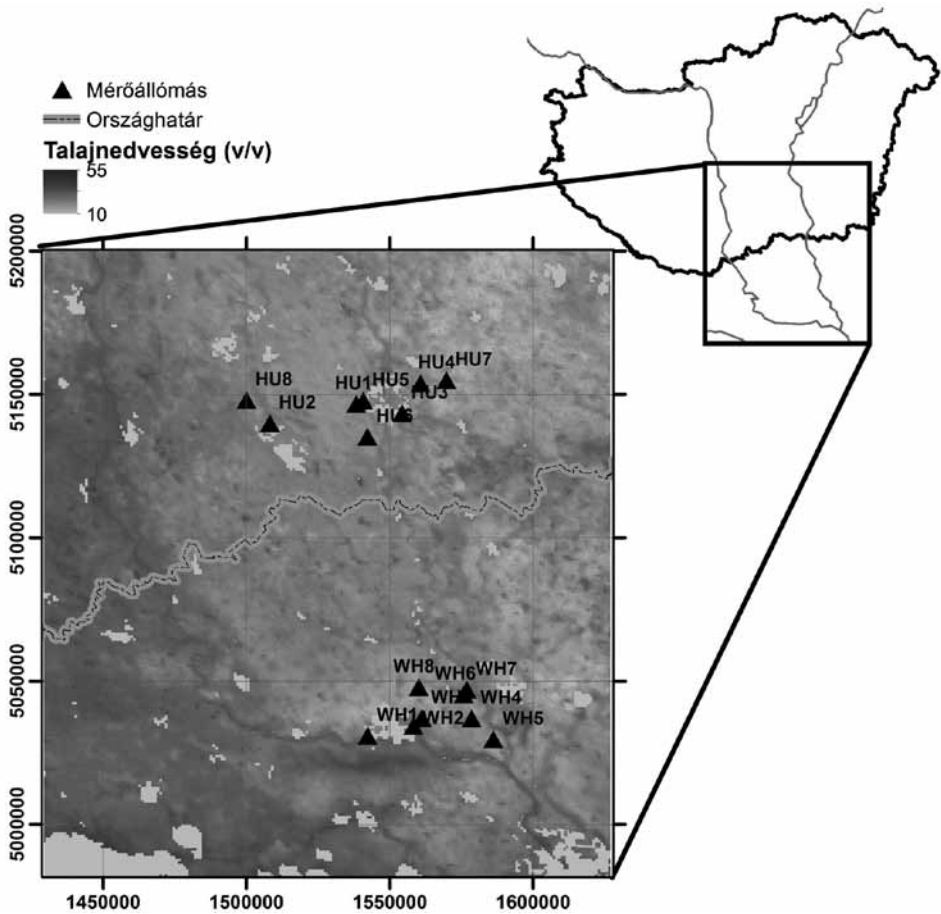
térképeket, melyek a mintaterület talajnedvességének relatív eltéréseit szemlélteti, ahol 0 a legalacsonyabb, míg 1 a legmagasabb talajnedvesség értéket jelöli. A térképeken a folyókat övező ártéri területek, a szárazabb homoktalajok és az erdős területek jól kirajzódnak. A kimeneti adatokon gyakran látható „lyukakat” a felhőborítás (vagy a jó minőségű adatgyűjtést akadályozó egyéb probléma) következtében jelentkező adathiány okozza.



10. ábra A számított talajnedvesség index (SMI) értékei négy választott időpontban a mintaterületen  
 Figure 10 Calculated SMI maps of the study area for four selected days

Az elkészült talajnedvesség-index térképeken a talajnedvességbeli különbségek jól azonosíthatóak. A folyók esetében (különösen a Duna mentén) igen nagy SMI értékek tapasztalhatóak, valamint átlagtól magasabb értékeket mutatnak a térképek Bajától nyugatra, a hármasthatárnál, illetve a horvát területeken is. Feltűnően alacsony értékek vannak Újvidéktől ÉÉNY-ra, a szerb-román határ mentén, valamint Magyarországon Békés megye és Kecskemét–Szolnok környékén. A kapott talajnedvesség értékeket visszaigazolja a tényleges (március elejei) csapadékesemények előfordulása.

A 16 terepi talajnedvesség-mérő állomás adatait használva kiszámítottuk a terepen mért talajnedvesség adatok és az SMI index közötti kapcsolat mértékét. Az eredményül kapott determinációs koefficiens ( $r^2$ ) értékei 0,1 és 0,95 között változtak, ami a kapcsolat mértékének változó erősségét jelzi, ezért a térképet csak azokra a napokra készítettük el, ahol a kapcsolat szignifikánsnak mondható, azaz az  $r^2$  értéke nagyobb volt, mint 0,4. A vizsgálatba vont 305 napból ez 82 napra volt lehetséges. A 11. ábrán a 2015. március 11-i talajnedvesség-adatokat szemléltetjük.



11. ábra A vizsgált mintaterület talajnedvesség térképe 2015. március 11-én  
 Figure 11 Soil moisture map of the study area on 11 March 2015

Számos oka lehet annak, hogy a determinációs koefficiens értékei ilyen alacsonyak. Egyrészt jelentős különbség van a terepi pontmérés és a távérzékelt adat felbontása között. A távérzékelt adat egy pixelében a vegetáció, a domborzat, a talaj és más tényező is változatos, melyek befolyásolják a talajnedvesség értékeit, és nem feltétlenül egyeznek meg a pontmérés eredményével a pixelen belül. Mindezek alapján a terepi mérés eredményei nem értékelhetők reprezentatívnak a nagyobb területre vonatkozóan. Másrészt, a terepi talajnedvesség-mérés a felszíntől 10 cm mélységben zajlik, míg a távérzékelt talajnedvesség értékét felszíni hőmérséklet és vegetációs indexadatok alapján számítjuk. A talajnedvesség

értékét a felszín alatt 10 cm mélységben befolyásolja továbbá a felszínt borító vegetáció típusa és sűrűsége is. További módosító tényező lehet az is, hogy a csapadék hatása később jelenik meg a 10 cm-es mélységben a távérzékelt felszíni talajnedvességhez viszonyítva. A távérzékelt felszínhőmérséklet adat felbontása 1°K (WANG, Z. 1999).

### **Összefoglalás és konklúzió**

A Pálfai-féle aszályindexszel fennálló statisztikai összefüggéseket figyelembe véve az NDWI, az NDVI és a DDI teljesíti a gyakorlati alkalmazhatóság feltételeit, szakmailag szignifikánsak. Vizsgálataink megerősítették korábbi megállapításainkat, miszerint az NDDI nem alkalmazható, illetve az NDWI nagyobb érzékenységgel bír, mint az NDVI. A DDI nem érzékeny a felszínborítás heterogenitására, míg az NDWI és az NDVI esetében le kell válogatni a növényzettel borított felszíneket. Az EVI index alapján meghatározott éves biomassza produkció jelentős mértékű kapcsolatot mutatott az aszályindex értékeivel, bár ezen értékek éves produktumot mutatnak, csak a múltbéli aszályok térbeli és időbeli lehatárolását segítik.

A bemutatott talajnedvesség számítási módszer, melyben közepes felbontású felszíni hőmérséklet és talajnedvesség adatokat használtunk, értékes adatokat szolgálhat az aszály regionális léptékű megfigyeléséhez. A validáció során nagy szórást mutattak a determinációs koefficiensek a mért talajnedvesség és a számított index értékei között, mely mögött főleg a két adatforrás léptékbeli különbsége állhat. A felszíni mérőhálózat bővítése és nagyobb térbeli eloszlása a mintaterületen várhatóan a kapcsolat mértékének növekedését eredményezheti.

Az előrejelzések az éghajlati szélsőségek növekedését mutatják, ezért fontos, hogy a jelenleg a tájban zajló folyamatok tér- és időbeliségét monitorozzuk, az aszály kialakulását, hatását megfigyeljük. A közeljövőben kiépítendő aszálymonitoring rendszer keretében, spektrális indexek alapján működő, megbízható előrejelzés megvalósítása segítené az optimálisabb vízelosztást és -felhasználást, dinamikusan lehatárolhatók a legsúlyosabban érintett térségek. Az amerikai távérzékelési műholdak (AVHRR, MODIS) által több, mint három évtizede folyamatosan végzett megfigyelések folytonosságát az új generációs szenzor a VIIRS biztosítja 22 hullámhossz-tartományban, 375-750 m-es geometriai felbontással.

### **Köszönetnyilvánítás**

A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, a TÁMOP-4.1.1. C-12/1/KONV-2012-0012 (ZENFE), valamint a HUSRB/1203/121/130 (WAHASTRAT) projekt támogatásával készült.

---

KOVÁCS FERENC  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
kovacsf@geo.u-szeged.hu

VAN LEEUWEN BOUDEWIJN  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
leeuwen@geo.u-szeged.hu

LADÁNYI ZSUZSANNA  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
ladanyi@geo.u-szeged.hu

RAKONCZAI JÁNOS  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
J.Rakonczai@geo.u-szeged.hu

GULÁCSI ANDRÁS  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
gulandras90@gmail.com

## IRODALOM

- BARTA K. – BATA T. – BENYHE B. – BRKIĆ, M. – DOGAN, V. – DOLINAJ, D. – FARSANG A. – GÁL N. – HENITS L. – JUHÁSZ L. – KISS T. – KOVÁCS F. – MEZŐSI G. – MUCSI L. – MÉSZÁROS M. – OBRADOVIĆ, D. – PAVIĆ, D. – RAKONCZAI J. – SAVIĆ, S. – SIPOS GY. – SÜMEGHY B. – SZATMÁRI J. – SZILASSI P. – TOBAK Z. – VAN LEEUWEN B. – ŽIVANOV, M. 2013: Inland excess water / Belvív / Suvišne unutrašnje vode. – Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Fakultet tehničk nauka, Szeged–Novi Sad, p. 154.
- BARTA K. – CRNOJEVIC, V. B. – BLANKA V. – LADÁNYI ZS. – FIALA K. – VUKOBRATOVIC, D. 2014: Terepi talajnedvesség megfigyelés az aszálykutatás szolgálatában. – In: BLANKA, V. – LADÁNYI, Zs. (szerk.) Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban – Suša i upravljanje vodama u južnojmađarskojraavnici i Vojvodini – Drought and Water Management in South Hungary and Vojvodina. – Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. pp. 245–258.
- BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. 2007: Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. – *Global and Planetary Change* 57. 1–2. pp. 83–95.
- BIRÓ M. – RÉVÉSZ Á. – MOLNÁR ZS. – HORVÁTH F. – CZÚCZ B. 2008: Regional habitat pattern of the Danube-Tisza Interfluvium in Hungary II. The sand, the steppe and the river vegetation, degraded and regenerating habitats, regional habitat destruction. – *Acta Botanica Hungarica* 50. 1–2. pp. 19–60.
- BLANKA V. – LADÁNYI Z. (szerk.) 2014: Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban / Suša i upravljanje vodama u južnojmađarskojraavnici i Vojvodini / Drought and water management in South Hungary and Vojvodina. – Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, p. 384.
- GU, Y. – BROWN, J. F. – VERDIN, J. P. – WARDLOW, B. 2007: A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. – *Geophysical Research Letters* 34.
- GULÁCSI A. – KOVÁCS F. 2015: Drought monitoring with spectral indices calculated from MODIS satellite images in Hungary. – *Journal of Environmental Geography* 8. 3–4. pp. 11–19.
- HUETE, A. – DIDAN, K. – MIURA, T. – RODRIGUEZ, E.P. – GAO, X. – FERREIRA, L.G. 2002: Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. – *Remote Sensing of Environment* 83. 1–2. pp. 195–213.
- IVÁNYOSI SZABÓ A. 1994: A Duna–Tisza közti hátságon bekövetkezett talajvízszint-süllyedés hatása természetvédelmi területeinkre. – In: PÁLFAI I. (szerk.): A Nagyalföld Alapítvány kötetei 3. A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái, Nagyalföld alapítvány, Békéscsaba, pp. 77–85.
- JACKSON, T.J. – CHEN, D. – COSH, M. – LI, F. – ANDERSON, M. – WALTHALL, C. – DORIASWAMY, P. – HUNT, E. R. 2004: Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. – *Remote Sensing of Environment* 92. pp. 475–482.
- KOVÁCS F. 2007: Assessment of regional variations in biomass production using satellite image analysis between 1992 and 2004. – *Transactions in GIS*. 11. 6. pp. 911–926.
- KOVÁCS F. 2013: GIS analysis of short and long term hydrogeographical changes on a nature conservation area affected by aridification. – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 8. 3. pp. 97–108.
- KOZÁK P. 2015: Élvezővédekezés és a vizek használata az Alsó-Tisza vidékén. Országos Mezőgazdasági Vízgazdálkodási és Belvízvédelmi Konferencia, SZIE, Szarvas.
- MALLICK, K. – BHATTACHARYA, B.K. – PATEL, N.K. 2009: Estimating volumetric surface moisture content for cropped soils using a soil wetness index based on surface temperature and NDVI. – *Agricultural and Forest Meteorology* 149. 8. pp. 1327–1342.

- MEZŐSI G.–BLANKA V.–LADÁNYI ZS.–BATA T.–URDEA, P.–FRANK, A.–MEYER, B. 2016: Expected mid- and long-term changes in drought hazard for the South-Eastern Carpathian Basin. – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 11. 2. pp. 355–366.
- MIKA J. 2014: Szünetelő melegedés – kihívások és következtetések az IPCC jelentéseiben (2013–2014). – In: SANSUMNÉ MOLNÁR, J.–SISKÁNÉ SZILASI, B.–DOBOS, E. (szerk.): VII. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa, Miskolc, pp. 421–428.
- NÉMETH A. 2015: Hosszú, forró nyár (Klímaváltozás a hétköznapokban). – *Heti Világ Gazdaság (HVG)* 31, pp. 6–9.
- OVF-ATIVIZIG 2016. Integrált vízháztartási tájékoztató és előrejelzés. Országos Vízügyi Főigazgatóság és Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság.  
<https://www.vizugy.hu/index.php?module=documents&programelemid=108>
- PÁLFAI I. (szerk.) 1994: A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái. – A Nagyalföld Alapítvány kötetei 3, Békéscsaba. p. 126.
- PATEL N.R.–ANAPASHISHA R.–KUMAR S.–SAHA S.K.–DADHWAL V.K. 2009: Assessing potential of MODIS derived temperature/vegetation condition index (TVDI) to infer soil moisture status. – *International Journal of Remote Sensing*, 30.1. pp. 23–39.
- PETROPOULOS G. (szerk.) 2014: Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content. – CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
- PUSKÁS I.–GÁL N.–FARSANG A. 2012. Impact of weather extremities (excess water, drought) caused by climate change on soils in Hungarian Great Plain (SE Hungary). – In: RAKONCZAI, J.–LADÁNYI, ZS. (eds.): Review of climate change research program at the University of Szeged, pp. 73–89.
- RAKONCZAI J. 2011: Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin, In: BLANCO, J.–KHERADMAND, H. (eds.): Climate Change – Geophysical Foundations and Ecological Effects. Rijeka: InTech. pp. 297–322.
- RÉTHLY A. 2009: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig és Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1701–1800-ig. – OMSZ. Budapest. pp. 450–622.
- ROY, D. P.–BORAK, J. S.–DEVADIGA, S.–WOLFE, R. E.–ZHENG, M.–DESCLOITRES, J. 2002: The MODIS Land Product Quality Assessment Approach. – *Remote Sensing of Environment* 83, pp. 62–76.
- SENEVIRATNE, S. I.–CORTI, T.–DAVIN, E. L.–HIRSCHI, M.–JAEGER, E. B.–LEHNER, I.–TEULING, A. J. 2010: Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: a review. – *Earth-Sci. Rev.* 99. 3–4. pp. 125–161.
- SOLANO, R.–DIDAN, K.–JACOBSON, A.–HUETE, A. 2010: MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series). The University of Arizona Vegetation Index and Phenology Lab. 38. p.
- VAN LEEUWEN, B.–LADÁNYI ZS.–BÁTORI D. 2016: Medium resolution satellite data based estimation of phenology and productivity parameters for drought monitoring. – In: BALÁZS B. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VII. Theory meets practice in GIS. Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 499–506.
- VICENTE, S. M.–SERRANO, PONS-FERNANDEZ, X.–CUADRAT-PRATS, J. M. 2004: Mapping soil moisture in the central Ebro river valley (northeast Spain) with Landsat and NOAA satellite imagery: a comparison with meteorological data. – *International Journal of Remote Sensing*, 25. 20. pp. 4325–4350.
- Vidékfejlesztési Minisztérium 2012: Az aszály kezelésének hosszú távú koncepciójáról. – Konzultációs anyag. Budapest. p. 88.
- WANG, Z. 1999: MODIS Land Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD) pp. 2–6.

## A SZÁRAZODÁSSAL KAPCSOLATOS FÖLDRAJZI TÉNYEZŐK ÉS EGY ÖZÖNNÖVÉNY TERJEDÉSE KÖZTI KAPCSOLAT VIZSGÁLATA A DÉL-ALFÖLDI RÉGIÓ TERÜLETÉN

SZILASSI PÉTER – TOBAK ZALÁN – VAN LEEUWEN BOUDEWIJN  
– SZATMÁRI JÓZSEF – KITKA DOROTTYA

INVESTIGATION OF THE DROUGHT RELATED GEOGRAPHICAL BACKGROUND  
OF AN INVASIVE PLANT SPECIES SPREADING IN SOUTH HUNGARY

### Abstract

The fast spread of invasive species is leading to a reduction in biodiversity and habitat loss for native species. The study aims to define the main aridification related geographical factors that influence the spread of common milkweed (*Asclepias syriaca*). Our research focuses on the soil conditions (especially the hydrological soil conditions) and its relationship with the spreading of the common milkweed. We investigated this question at regional scale in the South Hungary NUTS2 level statistical region. Because there is a strong relationship between the drought and the wildfires, we investigated at local scale in Hungary the effect of wildfires on the common milkweed spreading. Field based landscape photographs of an EU statistical database (LUCAS database) were used to identify the points where invasive species are present. We demonstrate that the milkweed is more common within the sandy soils with bad hydrological conditions than the others, and conclude that the physical and hydrological conditions of the soils play an important role in the appearance and the spreading of this species. Our investigations also show satellite based evidence on the spreading of the common milkweed in succession processes after the wildfire.

**Keywords:** invasive species, common milkweed, soil characteristics, drought, wild fires

### Bevezetés

A közelmúlt klímájának tendenciái – főként a hosszabb ideig tartó, aszályos időszakok – kihatással vannak a táj vízforgalmára, ezen keresztül a talajokra és a biomassza mennyiségének alakulására (RAKONCZAI J. 2013). A klímaváltozás, illetve a klímaváltozás következtében fellépő szárazodás kifejezetten kedvezhet bizonyos özönnövények (például a fehér akác) spontán terjedésének (KLEINBAUER, I. et al. 2010). A Dél-alföldi régió területén a szárazodás mellett az özönnövények – köztük az általunk vizsgált selyemkóró (*Asclepias syriaca*) – gyors terjedése az egyik legmarkánsabb ökológiai és környezeti probléma, hisz a selyemkóró terjedése közvetlen veszélyt jelent az őshonos gyepevegetációra (KELEMEN A. et al. 2016). Eddig nem kellően tisztázott kérdés, hogy a klímaváltozás milyen módon befolyásolja közvetlenül és közvetetten a magyarországi özönnövények terjedését. Inváziós növényeknek, más néven özönnövényeknek nevezük azokat a fajokat, melyek rövid idő alatt jelentős területeken képesek elterjedni az őshonos növényfajok rovására, csökkentve ez által az adott terület biodiverzitását (BOTTA-DUKÁT Z. 2012).

Célunk választ adni arra a kérdésre, hogy melyek a selyemkóró – a Duna Tisza közének egyik leggyakoribb inváziós növénye – terjedését befolyásoló földrajzi folyamatok? Kutatásaink során kiemelten foglalkoztunk a szárazodással kapcsolatba hozható tényezőkkel, ezért vizsgáltuk a bozóttűz és a selyemkóró terjedése, valamint a talajok vízgazdálkodási tulajdonsága és a selyemkóró terjedése közti kapcsolatot.

A Dél-alföldi régió teljes területére kiterjedő regionális léptékű elemzésünk során a selyemkóró terjedését befolyásoló talajtulajdonságok feltárása volt a célunk, különös tekintettel a talajok vízgazdálkodására, vízháztartást befolyásoló jellemzőire. A selyemkóró



megjelenését befolyásoló hatásuk szerint fontossági sorrendbe rendeztük a talajok fizikai és kémiai tulajdonságait. Ezáltal választ tudtunk adni arra a kérdésre, hogy e faj gyors, robbanásszerű terjedésében milyen szerepet játszik a talajok vízgazdálkodási tulajdonsága. Képet kaptunk tehát arról, hogy mennyiben lehet felelős a selyemkóró utóbbi évtizedekben megfigyelhető robbanásszerű gradációjában az a tény, hogy ez a faj jól tud alkalmazni a Dél-alföldi régió helyenként szélsőséges vízháztartási viszonyaihoz.

Mivel a selyemkóró a szakirodalom szerint kifejezetten kedveli az ember által bolygott, változott felszínborítású területeket (CSONTOS P. et al. 2009), és a szárazabb időszakokban kimutathatóan nő az erdőtüz esetek száma (OET 2008; HEIZLER GY. 2006), ezért nagyobb léptékben egy bugaci mintaterületen távérzékeléses módszerekkel vizsgáltuk az erdőtüz utáni szukcesszió fajösszetételét. Ezzel a vizsgálattal arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az aszályos időszakokban gyakoribbá váló erdő és bozóttűz esetek kedveznek-e a selyemkóró terjedésének.

### A kutatási terület természetföldrajzi, tájhasználati viszonyai

A Dél-alföldi régió természetföldrajzi adottságait tekintve hazánk egyik legváltozatosabb térsége. A Duna pleisztocén hordalékkúpja a Duna-Tisza közti síkvidék hazánk legnagyobb összefüggő homokterülete. Az Alsó-Tisza vidék és a Maros pleisztocén-holocén hordalékkúpjának területei a mezőgazdasági művelés számára a kedvezőbb adottságú egykori árterek. A Dél-alföldi régió löszrel fedett térségein (pl. Békési és Csanádi hát, Bácskai löszös síkság) és magas árterek területén kiváló termőhely adottságú csernozjom, illetve réti talajok alakultak ki.

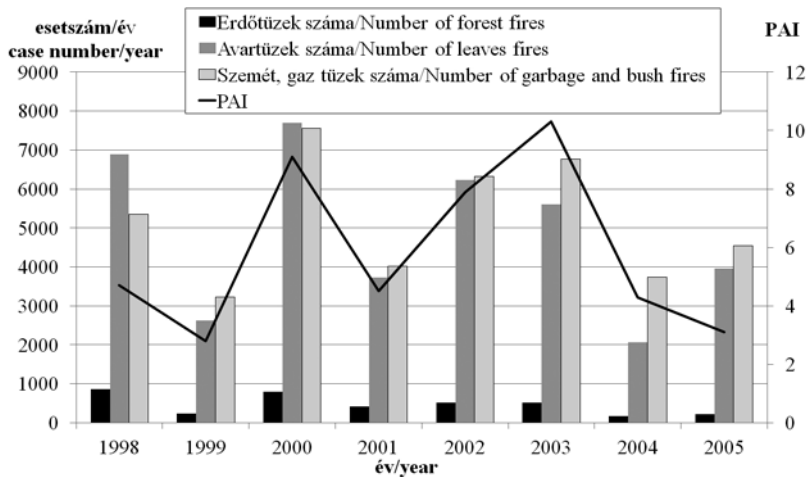
Kedvező természetföldrajzi adottságai miatt a Dél-Alföld egyike hazánk kultúrtájainak, ahol hosszú ideje drasztikus antropogén hatások (pl. ármentesítések) formálták a táj arculatát. Ebben a régóta jelentős antropogén hatás alatt álló régióban a természetföldrajzi (talajtani, vízrajzi, klimatikus) adottságokhoz igazodó felszínborítás, az emberi táj- és területhasználat jelentős területi diverzitást mutat (KRÖEL – DULAY GY. – KOVÁCS-LÁNG E. 2008; CSORBA P. 2011). A természetföldrajzi adottságokon túl a szocialista nagyüzemi gazdálkodás megszűnése is kedvezett a mozaikosabb területhasználat létrejöttének (CSORBA P. 2011). A Dél-alföldi régió területén országosan a legnagyobb a mezőgazdasági művelés alatt álló területek aránya: a szántó (53,64%), az erdő (13,07%), és a gyepek (8,93%), a három legjelentősebb művelési ág (KSH 2015). Bács-Kiskun megyében és Csongrád megye nyugati, homoktalajú területein a legmagasabb a felszínborítás mozaikossága, egyben itt a legnagyobb a tájhasználat tér és időbeli változékonysága. Az e területeken kialakult homoki gyepek a régió szárazodásra és egyéb antropogén hatásokra (pl. a selyemkóró terjedésére) legérzékenyebb botanikai értékei. Az erdő és gyepterületek magas aránya szintén a Duna-Tisza közti homokhátság területére jellemző, e területek erdőszűlése növekvő tendenciát mutat (DURAY B. 2011). Csongrád és Békés megyék főként löszön kialakult csernozjom talajú kistájain – ahol a legjobb termőképességű, magas termőhely értéksszámmal rendelkező talajok a jellemzők, ezzel szemben a nagytáblás intenzív szántóföldi művelés a domináns művelési ág (CSORBA P. 2011).

A selyemkórót (*Asclepias syriaca*) főként kiváló mézadó tulajdonságai miatt telepítették be Magyarországra Észak-Amerikából a 19. század közepén (BAGI I. 2004; BAGI I. – BAKACSY L. 2012; BOTTA-DUKÁT Z. 2008, 2012). A mintaterülethez tartozó megyék közül Bács-Kiskun és Csongrád megye az ország legfertőzöttebbnek tartott megyéi közé tartozik (BAGI I. 2004). A selyemkóró természetvédelmi kártétele főleg a kevésbé kötött, homokos talajú gyepekben jelentős (KELEMEN A. et al. 2016). Az V. Országos Gyomfelvételezés

szerint, a nem szántóföldi mező és erdőgazdasági élőhelyeken (szőlő, gyümölcsös, ültetett erdők) fertőz erőteljesen, ahol a korábbi felvételezésekhez képest megduplázódott az állománya (HENN T. 2009).

A selymkoró elterjedése – hasonlóan más inváziós fajokhoz – erősen kötődik a területhasználathoz. Hazánkban Bács-Kiskun megye területén volt a legnagyobb a felszínborítás időbeli változékonysága 1990-2012 között. A mezőgazdasági területek privatizációját követően főként a rossz termőhelyi adottságú, rossz vízgazdálkodású homoktalajokkal jellemezhető területeken felhagytak a műveléssel, a rét- és legelőterületek aránya nőtt a szántó, gyümölcsös és szőlőterületek rovására (SZILASSI P. 2015). A területhasználathoz való változása utat nyit a selymkoró terjedésének, ugyanis e faj gradációja erősen kötődik a felhagyott szántóföldekhez és a degradált, bolygatott, változó felszínborítású területekhez, valamint az erdőterületeken belüli változásokhoz (erdőirtás, erdőültetvények telepítése) (BAGI I. 2004; CSONTOS P. et al. 2009; KÁLMÁN N. 2014; KITKA D.–SZILASSI P. 2016). A szakirodalmi adatok szerint a selymkoró kifejezetten jól tűri a szárazságot, és kedveli a laza textúrájú homokos talajokat (BAGI I. 2004).

A magyarországi erdőtüzek az év két kiemelt időszakában jelentenek veszélyt. A február és április közötti csapadékmentes hónapokban elsősorban a hó olvadását követően meginduló mezőgazdasági munkákhoz kapcsolódnak, míg júniustól szeptemberig a nyári meleg, aszályos hónapokban lombos és tűlevelű erdők kiszáradt avartakarója a potenciális veszélyforrás. Ezek a tüzek főleg az Alföldön, Bács-Kiskun és Csongrád megye szárazabb területein pusztítanak. A tüzesetek mindkét időszakban 99%-ban emberi gondatlanságból történnek. Az utóbbi évtizedekben megfigyelhető megnövekedett erdőtűz gyakoriság okait elsősorban a szélsőségesebb éghajlatban (kevesebb csapadék, magasabb átlaghőmérséklet, hótakaró nélküli telek) kereshetjük, ami végső soron az avarszint jelentős kiszáradásához vezet (1. ábra).



1. ábra A Pálfi-féle Aszályosság Index (PAI) Alföld területére számolt értékei (PÁLFI I. 2011 adatai alapján) és a Magyarország területén előforduló erdő, avartüzek valamint bozóttüzek száma (HEIZLER GY. 2006. alapján)  
 Figure 1 Connection between the yearly number of the wildfires (forest, bush and leaf fires) (Based on HEIZLER GY. 2006.) and the Palfai Aridity Index (PAI) (based on PÁLFI I. 2011) in Hungary

Mivel országos szinten erős a kapcsolat az erdőtüzek száma és a meteorológiai paramétereik alapján számolt Pálfi-féle Aszályosság Index között, ezért a szárazodás nem

csak közvetlenül, mint ökológiai – élettani tényező, hanem közvetve az erdő és bozóttüzek gyakorisága révén is szerepet kaphat a selyemkóró terjedésében.

## A kutatás módszerei

### *Regionális léptékű kutatásokhoz használt adatbázisok, módszerek*

Kutatásunk során több digitális térképi adatbázist használtunk fel, melyeket GIS környezetben egyesítettünk, és egységes EOVS koordináta-rendszerbe illesztettünk. Az adatbázisok közül a selyemkóróval fertőzött pontok azonosításához a Land Use/Cover Area Statistical Survey (LUCAS) adatbázist (LUCAS 2009, 2012) használtuk, melyet Európai Unió Statisztikai Hivatala finanszíroz és amely földrajzi hely (pont) alapú felszínborítás és területhasználat felmérés. A felvételezések első éve 2006 volt, az EU tagállamok területén, egységes térképezési nomenklatúra szerint minden felvételezési pontban 7 fő területhasználati kategóriát különítettek el: a termőföldek; állandó gabonák; állandó gyepterületek; erdőszített területek; cserjések; szántók/vagy kopár felszínek; mesterséges felszínek; és vízfelületek. Az adatbázis készítésének legfontosabb célja az adatszolgáltatás az EU tagállamok agrárjellegű területhasználatáról, de emellett környezetváltozásról, tájváltozásról is kaphatunk információkat a 3 évente ismételt felmérés során. A LUCAS adatbázisban a GPS koordinátákkal azonosított helyszíneken földfelszíni fényképfelvételek készülnek minden pontból a négy fő égtáj irányában. A fotók segítségével jól nyomon követhetők a területhasználatban, vegetációban bekövetkezett változások. Munkánk során a LUCAS adatbázis 2009, és 2012-es évek földi fénykép felvételeit használtuk fel (LUCAS 2009, 2012). Leválogattuk 2009-ben és 2012-ben az összes LUCAS pontot, mely a kutatási területünkre esett (2009-ben 1078 db, 2012-ben 916 db LUCAS felmérési pontot). Az összes LUCAS ponthoz tartozó földi fényképfelvétel (több mint 10 000 fotó) alapján azonosítottuk, hogy mely LUCAS pont volt selyemkóróval fertőzött, illetve nem fertőzött. Mivel a felvételek általában május-augusztus között készültek, így a virágzó selyemkóró példányai könnyen felismerhetők voltak a fényképeken (LUCAS, 2009, 2012). Egy pontot akkor tekintettünk fertőzöttnak, ha a felvételeken legalább egy selyemkóró egyed egyértelműen felismerhető volt morfológiai jegyei alapján. Ahol ez nem valósult meg, azok a LUCAS pontok a „selyemkóróval nem fertőzött” kategóriába kerültek.

A LUCAS adatbázis mellett a kutatási terület fizikai, kémiai talajtulajdonságainak jellemzéséhez felhasználtuk az agrotopográfiai adatbázis 1 : 100 000 méretarányú digitális állományát és adatait (MTA ATC TAKI 2015). Az agrotopográfiai adatbázis kilencféle talajtani tulajdonság adatait tartalmazza, minden talajtulajdonságot talajtulajdonságonként 2-22féle kategóriába osztva jellemez. Információt nyújt a talajok agyagásvány összetételéről, fizikai féleségéről, vízgazdálkodási tulajdonságairól, kémhatás és mészállapotáról, szervesanyag tartalmáról, talajértékszámáról, talajvastagságáról, talajtípusáról és alapkőzetéről. Az alapkőzet tulajdonságait tartalmazó agrotopográfiai adatokat nem használtuk fel kutatásunkhoz, mivel az a Dél-alföldi régió területét mindössze kétféle alapkőzet kategóriába sorolja.

A selyemkóróval fertőzött pontok azonosítását követően megvizsgáltuk a selyemkóróval fertőzött pontok százalékos eloszlását is a 8féle talajtulajdonság összes kategóriáján belül 2009-ben és 2012-ben is.

Az agrotopográfiai adatbázis talajtulajdonságain belüli kategóriáinként összegeztük az összes LUCAS felmérési pontot illetve az összes selyemkóróval fertőzött LUCAS felméré-

si pont számát, majd az alábbi képlet segítségével kiszámoltuk, hogy a fertőzött pontok milyen arányban oszlanak meg az egyes talajtulajdonságokon belüli kategóriák között:

$$SP_{i,j} = \left( \frac{SLUC_{i,j}}{SLUC_{total}} \right) \cdot 100 - \left( \frac{TLUC_{i,j}}{TLUC_{total}} \right) \cdot 100$$

ahol:  $i$  – az agrotopo adatbázis talajtani attribútumai (Pl. fizikai féleség),  $j$  – az egyes talajtani attribútumok egyedi értékei, kategóriái (Pl. homokos vályog),  $SP_{i,j}$  – a selyemkóró fertőzöttségének mértéke a vizsgált terület talajtani attribútumainak ( $i$ ) egyes kategórián ( $j$ ) belül [%],  $SLUC_{i,j}$  – A selyemkóróval fertőzött LUCAS pontok száma az ( $i$ ) talajtani attribútum ( $j$ ) kategóriáján belül,  $SLUC_{total}$  – A selyemkóróval fertőzött összes LUCAS pontok száma a Dél-alföldi régióban,  $TLUC_{i,j}$  – Az összes LUCAS pont száma az ( $i$ ) talajtani attribútum ( $j$ ) kategóriáján belül,  $TLUC_{total}$  – Az összes LUCAS pont száma a Dél-alföldi régióban.

A nyolc féle talajtani attribútum kategóriájára kiszámolt SP értékek tájékoztatnak bennünket arról, hogy a selyemkóróval fertőzött LUCAS pontok száma mennyire felülreprezentált, vagy alulreprezentált az összes LUCAS pont kategóriánkénti eloszlásához képest.

Ahhoz, hogy a talajtulajdonságokat (más néven talajtani attribútumokat) a selyemkóró megjelenése szerinti jelentőségük alapján sorba rendezzük, minden attribútumon belül kiszámoltuk a legnagyobb és legkisebb SP értékű kategóriák különbségét:

$$SPDIF_i = SPmax_i - SPmin_i$$

ahol:  $i$  – az agrotopo adatbázis talajtani attribútumai (Pl. fizikai féleség),  $SPDIF_i$  – a selyemkóró fertőzöttségét reprezentáló  $SP_{i,j}$  maximuma és minimum értéke közti különbség az egyes attribútumokon ( $i$ ) belül,  $SPmax_i$  – a selyemkóró fertőzöttségét reprezentáló  $SP_{i,j}$  maximum értéke az egyes attribútumokon ( $i$ ) belül,  $SPmin_i$  – a selyemkóró fertőzöttségét reprezentáló  $SP_{i,j}$  minimum értéke az egyes attribútumokon ( $i$ ) belül.

#### *A lokális kutatásokhoz (Bugac) használt adatbázisok, módszerek*

A fokozottan védett (Natura 2000) bugaci ősbörökás területén legutóbb 2012 áprilisának utolsó napjaiban pusztított tűz. A Kiskunsági Nemzeti Park területén belüli mintaterületek erdő és bozóttűz utáni szukcessziójáról SZITÁR K. et al. (2016) részletes terepi botanikai felméréseken alapuló kutatásaiból kaphatunk képet. Megítélésünk szerint a terepi felmérések és távérzékeléses módszerek együttes alkalmazása megkönnyíti a kárfelmérést, és támogatja a rehabilitációs munkálatokat. A tűzeset utáni 2012-es légi fényképezést 2013-ban megismételtük, és 2012-től évenként ismétlődő terepi botanikai felmérés is kiegészíti a kutatásainkat. Három évvel a tűzeset után lehetőség adódott a terület visszaerdősülésének, illetve az inváziós fajok megjelenésének műholdas adatokon alapuló monitoringjára is (SZATMÁRI J. et al. 2016).

Az első műholdfelvételek és azok kiértékelése az Európai Bizottság COPERNICUS EMS programjának keretében valósult meg, mindössze egy héttel a tűz kipattanását követően (EMS 2012). A kiértékelés egyetlen célja a károsodott területek lehatárolása volt, melyhez nagyfelbontású Quickbird és WorldView-2 képeket használtak fel.

A RapidEye műhold rendszer költséghatékony megoldást kínál lokális szintű földfelszíni jelenségek részletes elemzésére (HENITS L. – MUCSI L., 2012). Míg 5 méteres térbeli felbontásával a széles körben használt Landsat felvételeknél nyújt többet, 5 spektrális sáv-jával a hagyományos légifelvételek és a nagyfelbontású műholdas szenzorok (Quickbird, WorldView-2) spektrális információtartalmát haladja meg. Különösen is fontos kiemelni

a 690-730 nm-es ún. Red Edge tartományt lefedő sávját, ami hasznos információkat szolgáltat a vegetáció általános állapotáról, illetve segíti a növényfajok elkülönítését is.

A RapidEye felvétel feldolgozásához a terepi adatgyűjtés mellett az Erdészeti Igazgatóság által kezelt Digitális Országos Erdőtérképet is felhasználtuk. Ebben többek között erdőtagonként részletes információk találhatóak az elegyedő fafajok arányáról (TOBAK Z. – SZATMÁRI J. 2015).

Távérzékelte adataink a tüzeset évéből, illetve az azt követő 1. és 3. évből állnak rendelkezésre (1. táblázat). Az első évben a felvételezések célja a károk minél pontosabb térbeli lehatárolása volt. A kiértékelés eredménytérképei emellett a későbbi változásvizsgálatok kiindulási állapotát is jelentették. A következő évben már lehetőség volt a leégett területeket visszahódító vegetáció, illetve a Kiskunsági Nemzeti park helyreállítási munkálatainak (erdőtelepítések) monitoringjára is.

A légifelvételek szűkös spektrális információtartalma – nagyobb fokú manuális kiértékelés nélkül – csak három fő kategória elkülönítését tette lehetővé: leégett, részben károsodott, érintetlen (TOBAK Z. – SZATMÁRI J. 2015).

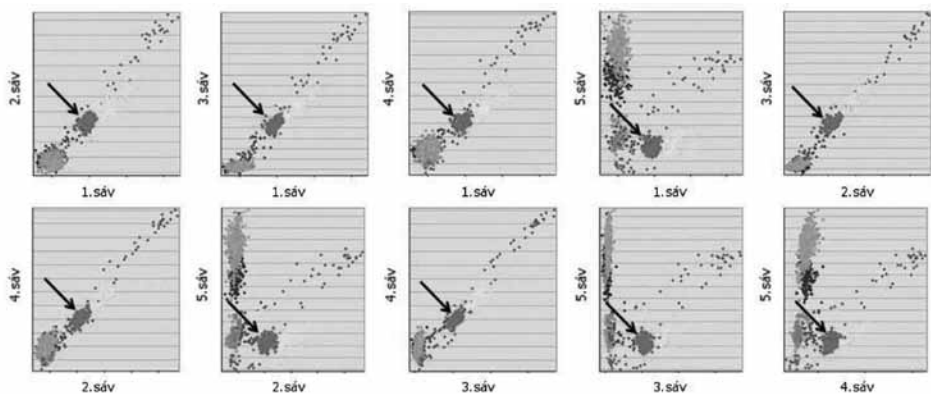
1. táblázat – Table 1

A bugaci ősborkás területen történt adatgyűjtések főbb jellemzői  
The main characteristics of datasets on the Bugac sample area

Adatforrás	Dátum	Felbontás (térbeli/spektrális)	Felhasználás
Légifelvétel (RGB)	2012. június 7.	20 cm / 3 sáv	károsodott területek lehatárolása
Légifelvétel (RGB+CIR)	2013. július 1.	10 cm / 3 + 1 sáv	visszaerdősülés monitoringja
RapidEye műholdkép	2015. július 22.	5 m / 5 sáv	erdőalkotó és inváziós fajok térképezése
Terepi felmérés	2012-től folyamatos	–	károsodott területek lehatárolása, vissza-erdősülés monitoringja, inváziós fajok térképezése, távérzé- kelte adatok feldolgozásának támo- gatása/ellenőrzése

A RapidEye felvételek által kínált 5 spektrális sáv segítségével a főbb erdőalkotó fafajok, valamint a terület inváziós vegetációja is térképezhetővé vált. Az irányított – Maximum Likelihood – osztályozási eljárás betanítási szakaszához terepi felméréseket (inváziós fajok megjelenése) és a Digitális Országos Erdőtérképet használtuk fel. Utóbbiból a tiszta, elegymentes erdőrészeket válogattuk le. Ennek eredményeképpen 5 erdőalkotó fásszárú (fehér akác, erdei és fekete fenyő, szürke és fekete nyár), a bokorcsoportokban megjelenő közönséges boróka, a lágyszárú és inváziós jellegű selyemkóró, valamint egy általános (gyep) osztály került definiálásra. Az osztályok spektrális térbeli elkülönülését (szeparabilitását) vizsgálva (CSENDES B. – MUCSI L. 2016) megállapítható, hogy azok jól elkülönülnek (2. ábra), így a képelemek osztályba sorolása nagy megbízhatósággal végezhető.

Az osztályozás eredményeinek értékeléséhez az overall accuracy érték mellett osztályonkénti user és producer accuracy-t is számítottunk (CONGALTON, R. 1991). A felhasznált szempontjából számított pontosság (user accuracy) megadja, hogy az osztályozás eredménytérképén azonosított kategóriák milyen valószínűséggel egyeznek meg a valós, terepi kategóriákkal. A producer accuracy a térképkészítő szemszögéből értelmezi az osz-



2. ábra A RapidEye felvételek kiértékelése során használt osztályok tanulóinak elkülönülése a spektrális térben (nyílal jelölve a selyemkóró tanulói)

Figure 2 Spectral separability of the training samples in the feature spaces of the RapidEye bands (the arrows indicate the milkweed training samples)

tályozás pontosságát: megadja, hogy a terepi referencia elemeket milyen megbízhatósággal sikerült helyes osztályba sorolni.

## Eredmények

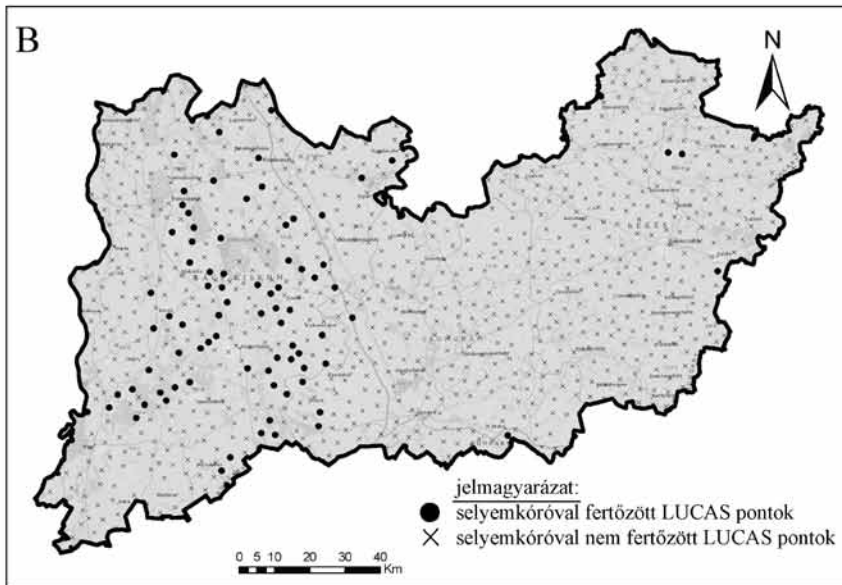
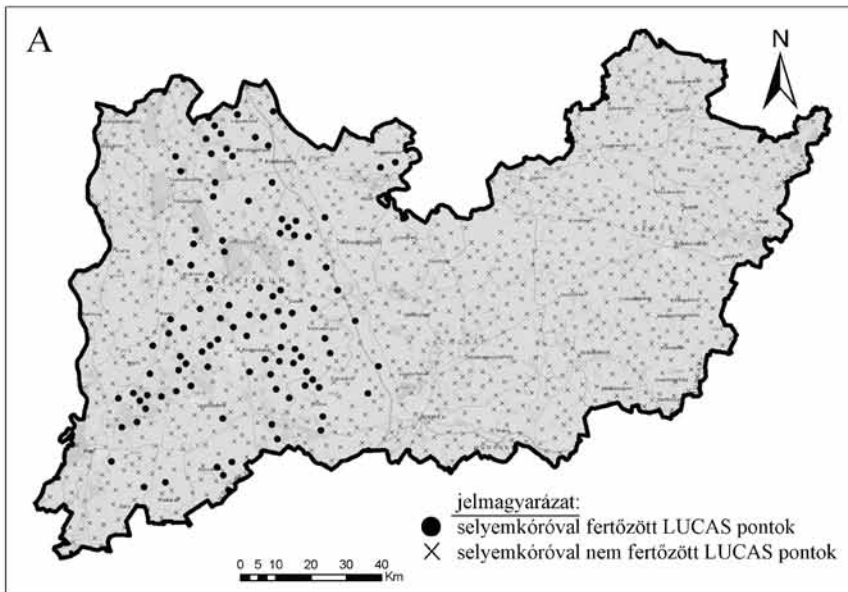
### *A selyemkóró terjedésében szerepet játszó talajtani tényezők regionális léptékű vizsgálatának eredményei*

Míg a LUCAS felszínborítási adatbázis földfelszíni felmérési pontjai 2009-ben és 2012-ben is egyenletes sűrűségben helyezkedtek el a Dél-alföldi régió területén, addig selyemkóróval fertőzött LUCAS pontok jól elkülöníthető csoportokban jelennek meg a régió nyugati, főként homoktalajokkal jellemezhető tájain minkét vizsgált évben (3. ábra).

Kimutattuk, hogy a LUCAS adatbázis földi fényképfelvételei alkalmasak a vegetáció állapotának, és állapotváltozásának (például az özönnövények terjedésének) monitorozására. A selyemkóró elterjedésének térképezése nyomán kapott eredmények tehát megfelelnek e faj a hazai szakirodalomban is említett élőhely preferenciáinak (BAGI I. 2004; BAGI I.–BAKACSY L. 2012), azonban ellentmondanak az amerikai mintaterületekről leírt tényeknek, miszerint ez a faj főként az agyagos talajokat kedveli (HARTZLER, R. G.–BUHLER, D. D. 2000).

Összehasonlítva egymással a selyemkóróval fertőzött és nem fertőzött pontok megoszlását a nyolcféle talajtulajdonság attribútum kategóriáin belül megállapíthatjuk, hogy a talajok vízgazdálkodási tulajdonságait leíró talajtulajdonság kategóriáin belül nagy eltérések mutatkoznak fertőzött és nem fertőzött LUCAS pontok eloszlás különbségei (SP) között. A legnagyobb pozitív előjelű eloszláskülönbség (SP) az igen nagy víznyelésű és vízvezető-képességű, gyenge vízraktározó-képességű, igen gyengén víztartó tulajdonságú homoktalajok esetében jelentkezik. A selyemkóró az ilyen talajokat kedveli, hiszen 2009-ben az ebbe a kategóriába eső 277 db összes LUCAS pont közül 87 db volt selyemkóróval fertőzött. 2012-ben pedig az e kategóriába eső összes 237 db LUCAS pont közül 63 db volt fertőzött.

A legnagyobb negatív előjelű SP értékeket a gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető-képességű, erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású,



3. ábra A LUCAS felmérés pontjai, és a közülük selyemkóróval fertőzöttek

A) 2009-ben B) és 2012-ben a Dél-alföldi régió területén

Figure 3 The field survey points of the LUCAS database, and the infected LUCAS points by common milkweed A), in 2009 and B) in 2012

víztartó agyag és, agyagos vályogtalajok esetében tapasztaltuk. E talajokon szinte egyáltalán nem jellemző a selyemkóró megjelenése, hiszen 2009-ben összesen 364 db LUCAS pont közül mindössze 8 db 2012-ben pedig 304 db LUCAS pont közül mindössze 11 db volt selyemkóróval fertőzött ilyen vízgazdálkodási kategóriájú talajokon (2. táblázat).

2. táblázat –Table 2

A selyemkóróval fertőzött (SLUC) és nem fertőzött pontok megoszlása (TLUC), és megoszlásaik különbségei (SP) 2009-ben és 2012-ben a talajok vízgazdálkodási tulajdonságait bemutató kategóriákban  
The distribution of the milkweed infected (SLUC) and total number of LUCAS points (TLUC) in the categories of soil characteristics

A talajok vízgazdálkodási tulajdonság szerinti kategóriái	SLUC		TLUC		SP	
	2009	2012	2009	2012	2009	2012
	[db] [%]	[db] [%]	[db] [%]	[db] [%]	%	%
Igen nagy víznyelésű és vízvezető-képességű, gyenge vízraktározó-képességű, igen gyengén víztartó talajok	87 82,9%	63 75,9%	277 25,7%	237 25,9%	57,1%	50,0%
Nagy víznyelésű és vízvezető-képességű, közepes vízraktározó-képességű, gyengén víztartó talajok	6 5,7%	6 7,2%	61 5,7%	54 5,9%	0,0%	1,3%
Jó víznyelésű és vízvezető-képességű, jó vízraktározó-képességű, jó víztartó talajok	2 1,9%	2 2,4%	241 22,4%	205 22,4%	-20,5%	-20,0%
Közepes víznyelésű és vízvezető-képességű, nagy vízraktározó-képességű, jó víztartó talajok	0 0,0%	1 1,2%	40 3,7%	33 3,6%	-3,7%	-2,4%
Közepes víznyelésű és gyenge vízvezető-képességű, nagy vízraktározó-képességű, erősen víztartó talajok	0 0,0%	0 0,0%	22 2,0%	17 1,9%	-2,0%	-1,9%
Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető-képességű, erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok	8 7,6%	11 13,3%	364 33,8%	304 33,2%	-26,2%	-20,0%
Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető-képességű, igen erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok	1 1,0%	0 0,0%	63 5,9%	57 6,2%	-4,9%	-6,2%
Jó víznyelésű és vízvezető-képességű, igen nagy vízraktározó-, és víztartó-képességű talajok	1 1,0%	0 0,0%	8 0,7%	8 0,9%	0,2%	-0,9%
Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0,0%	0,0%
Összesen (SLUC total; TLUC total)	105 100%	83 100%	1076 100%	915 100%		

A talajtulajdonságokat a selyemkóró terjedését befolyásoló hatásuk alapján sorba rendezve láthatjuk, hogy 2009-ben és 2012-ben is a talajok fizikai tulajdonsága (szemcseösszetétele) volt mindkét időpontban a legfontosabb talajtani tényező, ami befolyásolja e



növény megjelenését valamely területen. A második legfontosabb talajtulajdonság mindkét vizsgált évben a talajok vízgazdálkodási tulajdonsága volt (3. táblázat).

3. táblázat – Table 3

A selyemkóró terjedését befolyásoló talajtulajdonságok sorrendje, a terjedést befolyásoló jelentőségük szerint 2009-ben és 2012-ben  
The ranking list of the different soil characteristics according its importance on the spreading of the common milkweed

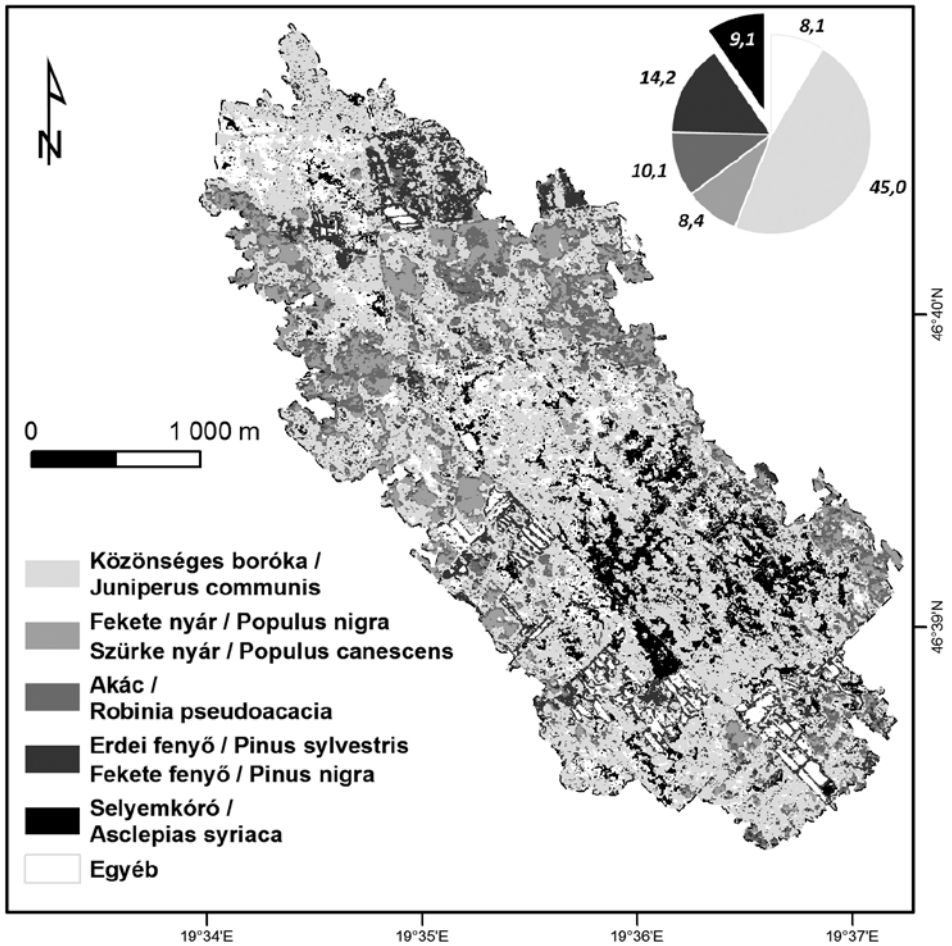
Sorrend 2009-ben	Talajtulajdonság neve	SPDIF értékek 2009-ben	Sorrend 2012-ben	Talajtulajdonság neve	SPDIF értékek 2012-ben
1.	Fizikai féleség	89,9%	1.	Fizikai féleség	80%
2.	Vízgazdálkodási tulajdonság	83,3%	2.	Vízgazdálkodási tulajdonság	70%
3.	Szervesanyag tartalom	73,8%	3.	Szervesanyag tartalom	66,3%
4.	Agyagásvány összetétel	64,8%	4.	Agyagásvány összetétel	53%
5.	Talajtípus	58,2%	5.	Talajtípus	51,5%
6.	Talajértékszám	56,0%	6.	Talajértékszám	44,9%
7.	Kémhatás és mészállapot	39,4%	7.	Kémhatás és mészállapot	38,6%
8.	Talajvastagság	3%	8.	Talajvastagság	6%

A selyemkóró előfordulásának regionális léptékű, pontszerű előfordulás térképeinek statisztikai vizsgálata során alátámasztottuk azt a hazai szakirodalomban is említett tényt, miszerint a selyemkóró kifejezetten kedveli a laza szerkezetű homokos, és nagy vízáteresztő képességű talajokat, és jól tűri a száraz élőhelyeket (BAGI I. 2004; BAGI I.–BAKACSY L. 2012), és cáfoljuk azokat az amerikai adatokat, mely szerint a selyemkóró az agyagos talajokat részesíti előnyben (HARTZLER, R. G.–BUHLER, D. D. 2000). Kimutattuk, hogy a Duna-Tisza köze, mint hazánk egyik legintenzívebben szárazodó, jellemzően homoktalajú térsége kifejezetten kedvező adottságú e faj számára. A klímaváltozás következményeként tehát a jövőben is számolnunk kell a selyemkóró fokozódó térnyerésével a Dél-alföldi régió területén, különösen a homok szemcseméretű, rossz víztartó képességű talajok esetében.

*A selyemkóró terjedésének vizsgálata bozóttűz után lokális léptékben  
bugaci mintaterületen*

Az osztályozott eredménytérképen jól kirajzolódnak a selyemkóróval leginkább fertőzött területek (4. ábra). A 2012-es tűzben leginkább károsodott borókásban, illetve annak szegélyén a legintenzívebb az özönnövények előretörése. A többi osztály közül megfigyelhető a közönséges boróka felülreprezentálása (a valósánál jóval nagyobb területi kiterjedés), ami a pontosságbecslés táblázatában is egyértelműen látszik (alacsony producer accuracy) (4. táblázat). Az erdőalkotó fásszárúak a Digitális Országos Erdőtérkép

adatbázisában tárolt információkkal jól korrelálnak, de az abban használatos erdőtagoknál részletesebb területi lehatárolásban jelennek meg. Az osztályozás teljes pontossága (overall accuracy) 82,6% lett.



4. ábra A RapidEye felvétel irányítottan osztályozott eredménytérképe és területi statisztikája  
 Figure 4 Result map and spatial statistics of the supervised classification of the RapidEye imagery

A pontosságbecslés alapján elmondható, hogy a selyemkóró nagy megbízhatósággal azonosítható RapidEye felvétel irányított osztályozásával (magas user és producer accuracy értékek) (4. táblázat). Szintén jól elkülöníthető az erdei és fekete fenyő egymástól, közöttük félreosztályozás nem történt. Problémás azonban a szürke és fekete nyár szétválasztása. Ahogy az az eredménytérképen (4. ábra) és a tanuló képelemek spektrális térbeli eloszlásán (2. ábra) is látható, a közönséges boróka nagy átfedésben van más osztályokkal, így a user és producer accuracy értékek sem elfogadható mértékűek. Ez részben a kategória felülreprezentáltságában (false positive: olyan helyen is borókát jelez, ahol valójában nincs), részben pedig alulreprezentáltságában (false negative: nem sikerül az összes valós előfordulást boróka osztályba sorolni) mutatkozik meg.

A RapidEye felvétel irányított osztályozásának pontosságbecslése  
Accuracy assessment of the supervised classification of the Rapideye imagery

		Terepi referencia									
		1	2	3	4	5	6	7	8		User Acc.
Osztályozott eredményképp	1 - akác	106	0	0	0	15	0	0	0	121	88
	2 - erdei fenyő	0	30	0	0	0	0	0	0	30	100
	3 - fekete fenyő	0	0	31	2	0	0	1	0	35	89
	4 - közönséges boróka	0	0	8	11	0	0	1	0	21	52
	5 - szürke nyár	10	0	0	0	141	0	0	7	158	89
	6 - selyemkóró	0	0	1	2	0	33	1	0	37	89
	7 - puszta / gyep	0	0	0	3	0	1	52	0	56	93
	8 - fekete nyár	0	0	0	0	32	0	0	4	36	11
Producer Acc.		91	100	78	61	75	97	95	100	494	82,6

### Összefoglalás

Kutatásunk célja a hazai özönnövények közül a Dél-Alföld természetvédelmi oltalom alatt álló területeit erősen veszélyeztető selyemkóró (*Asclepias syriaca*), megjelenését és terjedését befolyásoló, a szárazodással is összefüggésbe hozható földrajzi tényezők regionális és lokális léptékű vizsgálata a Dél-alföldi régió példáján. Regionális léptékben kvantitatív módszerekkel értékeltük e faj megjelenésének nyolc féle talajtani paraméterrel (agyagás-vány összetétel, fizikai féleség, vízgazdálkodási tulajdonságok, kémhatás és mészállapot, szervesanyag tartalom, talajértékszám, talajvastagság és talajtípus), való összefüggését. Kimutattuk, hogy a selyemkóró terjedésében szerepet játszó talajtulajdonságok (attribútumok) közül a talajok fizikai jellemzői (szemcseméretük) és vízgazdálkodási tulajdonsága a két legfontosabb. Eredményeink szerint selyemkóró az igen nagy víznyelésű és vízvezető-képességű, gyenge vízraktározó-képességű, igen gyengén víztartó tulajdonságú homoktalajokat részesíti előnyben, míg a gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető-képességű, erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok víztartó agyag és agyagos vályogtalajokon szinte egyáltalán nem jellemző a megjelenése.

Mivel az aszályos években nő az erdő, bozót és avartüzek száma, egy kisebb bugaci mintaterületen részletes távérzékeléses elemzésekkel vizsgáltuk az erdőtűz utáni szukcesszió fajösszetételét. Lokális, műholdfelvételek elemzése és terepi felméréseken alapuló kutatásunk során kimutattuk, hogy a bozót, illetve erdőtűz okozta bolygatás jelentősen elősegíti a selyemkóró terjedését.

### Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítéséhez sok segítséget kaptunk a Kiskunsági Nemzeti Park, a Bács-Kiskun Megyei Kormányhivatal Erdészeti Igazgatósága munkatársaitól, valamint munkánkat támogatta a ZENFE (TÁMOP-4.1.1. C-12/1/KONV-2012-0012) program.

SZILASSI PÉTER

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
toto@geo.u-szeged.hu

TOBAK ZALÁN  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
tobak@geo.u-szeged.hu

VAN LEEUWEN BOUDEWIJN  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
leeuwen@geo.u-szeged.hu

SZATMÁRI JÓZSEF  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
szatmari@geo.u-szeged.hu

KITKA DOROTTYA  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
kitkaomatic@gmail.com

#### IRODALOM

- BAGI I. 2004: Közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.). – In: MIHÁLY B. – BOTTA-DUKÁT Z. (szerk.): Biológiai inváziók Magyarországon – Özönnövények I. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 9. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest. pp. 319–337.
- BAGI I. – BAKACSY L. 2012: Közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.). – In: CSISZÁR Á. (szerk.): Inváziós növényfajok Magyarországon. Sopron. pp. 183–187.
- BOTTA-DUKÁT Z. 2008: Invasions of alien species to Hungarian (semi-) natural habitats. – *Acta Botanica Hungarica* 50. pp. 219–227.
- BOTTA-DUKÁT Z. 2012: A növényi invázióhoz kapcsolódó fogalmak. – In: CSISZÁR Á. (szerk.): Inváziós növényfajok Magyarországon. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron. pp. 10–11.
- CONGALTON, R.G. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data – *Remote sensing of the Environment* 37. pp. 35–46.
- CSENDES B. – MUCSI L. 2016: Identification and spectral evaluation of agricultural crops on hyperspectral airborne data. *Journal of Environmental Geography* 9 (3–4), 49–53.
- CSONTOS P. – BOZSING E. – CSERESNYÉS I. – PENSZKA K. 2009: Reproductive potential of the alien species *Asclepias syriaca* (Asclepiadaceae) in the rural landscape. – *Polish Journal of Ecology* 57. 2. pp. 383–388.
- CSORBA P. 2011: Az Alföld tájváltozásainak tendenciái. – In: RAKONCZAI J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány Kötetei 7. Békéscsaba. pp. 149–158.
- DURAY B. 2011: Várható tájhasználati változások a Dél-Alföldön. – In: RAKONCZAI J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány Kötetei 7. Békéscsaba pp. 181–188.
- EMS 2012: Forest Fire in Bács-Kiskun. Copernicus Emergency Management Service.  
<http://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR003>
- HARTZLER, R. G. – BUHLER, D. D. 2000: Occurrence of common milkweed (*Asclepias syriaca*) cropland and adjacent areas – *Crop Protection* 19. pp. 363–366.
- HEIZLER GY. 2006: Tűzoltás, műszaki mentés, biztonság – *Területi Statisztika* 9. 46. 4. pp. 411–427.
- HENITS L. – MUCSI L. 2012: Analysis of the connection between urban land cover and census districts using geoinformatical methods. – *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment*, 6. 2. pp. 52–67.
- HENN T. 2009: A szántóföldi gyomnövényzet változása az utóbbi öt évtized során az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés tükrében. Szakdolgozat, Pécs. Pécsi Tudományegyetem 50 p.
- KÁLMAŃ N. 2014: Inváziós növényfajok elterjedése a Duna-Tisza közti homokháton, felhagyott kisparcellás mozaikok területén – *Tudományos Diákköri Dolgozat, Gödöllő* 87 p.
- KELEMEN A. – VALKÓ O. – KRÖEL-DULAI GY. – DEÁK B. – TÖRÖK P. – TÓTH K. – MIGLÉCZ T. – TÓTHMÉRÉS B. 2016: The invasion of common milkweed (*Asclepias syriaca*) in sandy old-fields – is it a threat to the native flora? – *Applied Vegetation Science* 19. pp. 218–224.
- KITKA D. – SZILASSI P. 2016: Két özönnövény elterjedtségét befolyásoló földrajzi tényezők vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a Dél-alföldi régió példáján – *Tájékológiai lapok* 14. 2. 155–169.
- KSH 2015: Földterület művelési ágak szerinti adatai. Központi Statisztikai Hivatal  
[http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_omf003.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omf003.html)
- KLEINBAUER, I. – DULLINGER, S. – PETERSEIL, J. – ESSL, F. 2010: Climate change might drive the invasive tree *Robinia pseudacacia* into nature reserves and endangered habitats. – *Biological Conservation* 143. pp. 382–390.

- KRÖEL-DULAY Gy.–KOVÁCS-LÁNG E. 2008: General characteristics of the Kiskunság. – In. KOVÁCS-LÁNG E.–MOLNÁR E.–KRÖEL-DULAY Gy.–BARABÁS S. (szerk.): The KISKUN LTER: Long-term ecological research in the Kiskunság, Hungary, Institute of Ecology and Botany, Vácrátót. pp. 7–10.
- LUCAS, 2009: Technical reference document C-1: General implementation Land Cover and Use Water management Soil Transect Photos. European Commission EUROSTAT, 118 p. <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/208938/LUCAS+2009+Instructions/8ffdb9d8-b911-40b6-8f9a-8788bf696aa3>
- LUCAS, 2012: Technical reference document C-1: General implementation Land Cover and Use Water management Soil Transect Photos. European Commission EUROSTAT, 106 p. [http://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/208012/LUCAS2012\\_C1-InstructionsRevised\\_20130110b.pdf/10f750e5-5ea0-4084-a0e7-2ca36c8f400c](http://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/208012/LUCAS2012_C1-InstructionsRevised_20130110b.pdf/10f750e5-5ea0-4084-a0e7-2ca36c8f400c)
- MTA ATC TAKI 2015: AGROTOPO – Az Agrotopográfiai adatbázisról. <http://mta-taki.hu/hu/osztalyok/kornyezetinformatikai-osztaly/agrotopo>
- OET 2008: Országos Erdőtűzvédelmi Terv. MGSZH Központ Erdészeti Igazgatóság és Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. 61 p. [http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/szakmai/hatosagitev/orszagos\\_terv\\_200809.pdf](http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/szakmai/hatosagitev/orszagos_terv_200809.pdf)
- PÁLFAI I. 2011: Aszályos évek az Alföldön 1931–2010 között. – In. RAKONCZAI J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld, Nagyalföld Alapítvány Kötetei 7. Békéscsaba. pp. 87–96.
- RAKONCZAI J. 2013: A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájon: A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei. MTA Akadémiai Doktori Értekezés 167 p.
- SZATMÁRI J.–TOBAK Z.–NOVÁK Zs. 2016: Environmental monitoring supported by areal photography – a case study of the burnt down Bugac juniper forest, Hungary. – *Journal of Environmental Geography* 9. 1–2. pp. 37–44.
- SZILASSI P. 2015: Felszínborítás és tájmintázat változása, mint az antropogén környezetváltozások indikátora. – In. RAKONCZAI J.–BLANKA V.–LADÁNYI Zs. (szerk.): Tovább egy zöldebb úton: A Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport részvétele a ZENFE programban (2013–2015). Szeged, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, pp. 154–163.
- SZITÁR K.–ÓNODI G.–SOMAY L.–PÁNDI I.–KUCS P.–KRÖEL-DULAY Gy. 2016: Contrasting effects of land use legacies on grassland restoration in burnt pine plantations. – *Biological Conservation* 201. pp. 356–362.
- TOBAK Z.–SZATMÁRI J. 2015: Légifelvételéssel támogatott környezeti monitoring. Esettanulmány a leégett bugaci ősborkás területén. – In: RAKONCZAI J.–BLANKA V.–LADÁNYI Zs. (szerk.): Tovább egy zöldebb úton: A Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport részvétele a ZENFE programban (2013–2015). Szeged, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, pp. 142–153.

## **HULLÁMTÉRI FELTÖLTŐDÉS MÉRTÉKE ÉS ÁRVIZEK KÖZÖTTI KAPCSOLAT AZ ALSÓ-TISZÁN**

NAGY JUDIT – FIALA KÁROLY – BLANKA VIKTÓRIA – SIPOS GYÖRGY  
– KISS TÍMEA

CONNECTION BETWEEN FLOODPLAIN AGGRADATION AND FLOODS  
ON THE LOWER TISZA, HUNGARY

### **Abstract**

During the last two decades record-high floods occurred along the Tisza River in 1998-1999, 2000-2001 and 2006. Their development was influenced by catchment-scale and several local factors. The aim of this research is to determine the amount of deposited sediment on the artificial floodplain and to evaluate its role on the development of extremely high flood stages. The aggradation of the artificial floodplain was determined based on the height-difference between the active (artificial) floodplain and the flood-protected area. Since the nineteenth-century river regulations, the height of peak floods increased by 224 cm at Szeged (since 1876), while 120 cm sediment (90 million m<sup>3</sup>) has accumulated on the floodplain. Thus, the record flood stages are just partly caused by floodplain sedimentation. The rate of accumulation is not uniform on the floodplain, as it varies between 40 cm and 260 cm. It is influenced by the width conditions of the floodplain and the tributaries (mainly by the Maros River). The depth of the accumulated sediment is higher (by 50 cm) in narrow or narrowing floodplain sections, though a much larger volume (6.2 million m<sup>3</sup>) of sediment was deposited in the wide sections than in the narrow floodplain areas (0.6 million m<sup>3</sup>). The Maros River significantly alters the rate of accumulation downstream from Szeged, as here the rate of sedimentation is 1.5 times greater. As a result of floodplain sedimentation the flood conductivity of the floodplain already decreased by 22.6%.

**Keywords:** sedimentation, flood duration, specific stream power, DTM, LiDAR

### **Bevezetés**

Az ezredfordulón, 1998-1999-ben, majd 2000-ben, 2001-ben és 2006-ban is magas és hosszan tartó árvizek vonultak végig a Tiszán a korábbiaknál sokkal kisebb vízhozamok mellett, ami azt jelzi, hogy a folyó ugyanazt a vízmennyiséget nagyobb vízállással vezeti le. A változás több okra vezethető vissza. Részben a nagyon csapadékos időszakokban (pl. 1998) a vízgyűjtőn a talajtakaró telítődött vízzel, így a következő csapadékhullám árvizet indíthatott el a lefolyás megnövekedése miatt (HOMOKINÉ ÚJVÁRI K. 2003), másrészt, például 2006-ban a Duna egyidejű árhulláma a Tiszát visszaduzzasztotta (VÁGÁS I. – BEZDÁN M. 2015). Ezen tényezők mellett a korábbinál nagyobb árvizek kialakulásában a mederben és az ártéren zajló, hosszútávon ható tényezők is felelősek: például a meder egyre kanyargósabbá válik, a mederszelvény területe erőteljesen csökken (FIALA K. – KISS T. 2005), a meder és a hullámtér vízvezető képessége romlik (VÁGÁS I. 2001; NAGY I. et al. 2001), a hullámtéren a növényzet elburjánzik (RÁTKY I. – FARKAS P. 2003), illetve az ártérfeltöltődés is jelentős (KISS T. et al. 2002).

A hullámtér gyorsuló feltöltődése részben a gátépítésekhez köthető, hiszen a Tisza vízrendszeréhez tartozó ártéri területek közel 94%-át ármentesítették (TÖRÖK I. GY. 2000). Így az eredetileg 0,02-0,05 cm/év ütemű ártérfeltöltődés (FÉLEGYHÁZI E. 2008) egy nagyságrenddel (0,5-1 cm/év) nőtt a hullámtéren, bár ennél jóval gyorsabban (10-100 cm/árvíz) töltődnek fel a partmenti területek (NAGY I. et al. 2001; SÁNDOR A. – KISS T. 2006, 2007).

A hullámtéri feltöltődés bonyolult folyamatát több tényező együttesen befolyásolja, amelyek térben és időben is különböző mértékben hatnak. A vízgyűjtő szintjén bekövetkező változások elsősorban a felszíni lefolyást módosítják, így befolyásolva a mederbe jutó hordalékmenyiséget. Ezek közül a legfontosabbak a területhasználat-változás (LÓKI J. et al. 2004), a növényborítottság megváltozása, a klímaváltozás, valamint a duzzasztók létesítése (RÁKÓCZI L. 1989; BEZDÁN M. 2011). Lokálisan, a hullámtér szintjén ható tényezők a feltöltődés jóval változatosabb mintázatát eredményezik (KOZÁK P.–RÁTKY I. 1999; RÁTKY I.–FARKAS P. 2003; SZALAI Z. et al. 2005; PIERCE, A.–KING, S. 2008; KISS T. et al. 2011). A felhalmozódást befolyásolhatják a meder és a benne áramló víz tulajdonságai (pl. vízsebesség, vízállás, hordalék mennyisége és minősége, sodorvonal helyzete, betorkolló mellékfolyók, hordalékdugók és zátonyok), valamint a hullámtér tulajdonságai is (pl. szélesség, növényzet, esés, domborzat, építmények).

A Tisza mentén KÁROLYI Z. (1960) az elsők között volt, aki a szabályozások óta végbe ment feltöltődés mértékét becsülte, de ő arra következtetésre jutott, hogy ennek árvízszint emelő hatása elhanyagolható. Azóta más kutatások bizonyították (KOZÁK P.–RÁTKY I. 1999; FIALA K.–KISS T. 2005), hogy a feltöltődés okozta átfolyási-keresztmetszet csökkenés hatással lehet az árvízszintek magasságára.

Hazánkban az ártérfeltöltődés vizsgálata elsősorban az 1998 és 2006 közötti évek rekordmagasságú tiszai vízszintjei és a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése kapcsán került a kutatások középpontjába. A kutatások rendszerint az ármentesítések óta felhalmozódott hullámtéri hordalék vastagságát vizsgálták különböző módszerekkel. Az első mérések során a VO-szelvények magassági adatait használták a kutatók (KÁROLYI Z. 1960; SZLÁVIK L. 2001), illetve hordalékhozam számításokkal (JAKUCS L. 1982) közelítették az elmúlt 100-150 év feltöltődését. Később megjelentek a szedimentológiai vizsgálatok, amikor az ártéri üledék fizikai (pl. szemcseösszetétel, mágneses szuszceptibilitás), kémiai paramétereit (pl. nehézfém és radioaktív markerek), illetve pollenanalitikai vizsgálatok alapján határozták meg a feltöltődés mértékét (NAGY I. et al. 2001; SCHWEITZER F. 2001; BRAUN M. et al. 2003, 2010; KISS T. et al. 2004, 2005; BALOGH J. et al. 2005; OROSZI V.–KISS T. 2005; SZALAI Z. et al. 2005; BABÁK K. 2006; SÁNDOR A.–KISS T. 2006; FÉLEGYHÁZI E. 2008; SZABÓ SZ. et al. 2008, DEZSŐ Z. et al. 2009). Az utóbbi időszakban pedig a pontos térinformatikai adatforrások és módszerek lehetővé tették a feltöltődés mértékének számszerűsítését DDM segítségével (GÁBRIS et al. 2002; VASS R. et al. 2009; KISS T. et al. 2011), KONCSOS L.–KOZMA Zs. (2007) pedig számítógépes szimuláció segítségével tettek kísérletet az akkumuláció meghatározására.

A hosszútávú vizsgálatokkal párhuzamosan a kutatók megmérték egy-egy árvíz után a lerakódott üledék vastagságát is. Legelőször BORSY Z. (1972) végzett terepi méréseket az 1970-es árvíz után a Felső-Tiszán, majd ezt további vizsgálatok követték (GÖNCZY S.–MOLNÁR J. 2004; OROSZI V.–KISS T. 2005; SÁNDOR A.–KISS T. 2006, 2007), amelyek kiegészültek üledékcsapdás mérésekkel is (VASS R. 2007). Ezek közül kiemelhető a Mindszentnél elkezdett mérésorozatunk (KISS T.–FEJES A. 2000; KISS T. et al. 2002), amit 1998 óta minden nagyobb árvíz után megismétlünk.

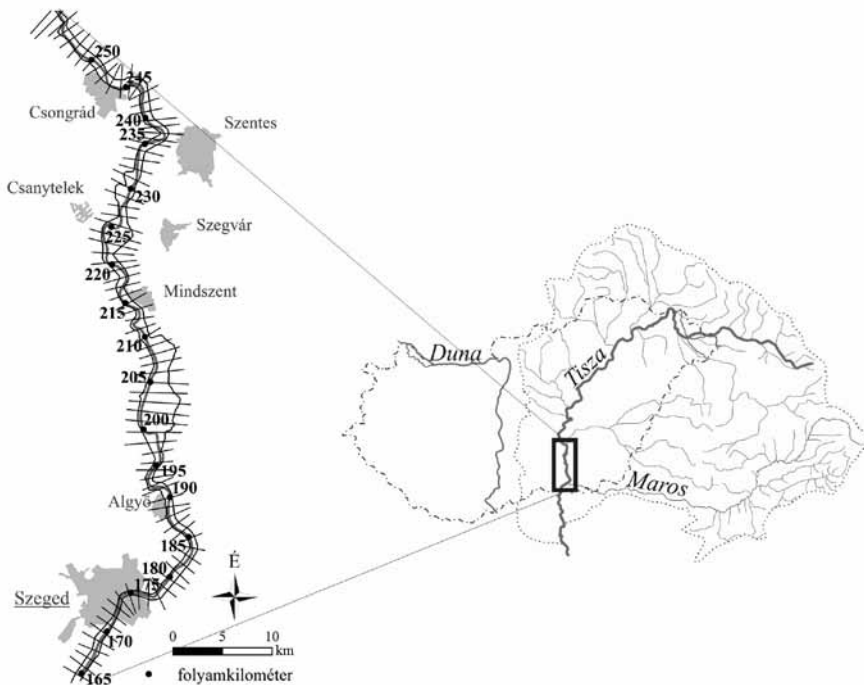
A fenti kutatások hátránya, hogy többségük pontszerű mérésen alapult, vagy csupán egy rövidebb folyószakaszt érintett, így az eredmények csak fenntartásokkal általánosíthatók hosszabb szakaszokra.

Célunk a Tisza árvizeinek elemzése a 20-21. századi adatsorok alapján, és az ezt befolyásoló tényezők közül a hullámtéri akkumuláció térbeliségének vizsgálata. A kutatás újdonsága, hogy LiDAR felvétel alapján számszerűsítjük az Alsó-Tisza mentén a hullámtéri akkumulációt. Célunk annak meghatározása, hogy a hullámtér szélessége és a mellékfolyók milyen hatással vannak a feltöltődésre, és hogy maga a feltöltődés milyen mér-

tékben felelős az árhullámok szintjének növekedéséért az átfolyási keresztmetszvények szűkítése révén.

### A kutatási terület

Mintaterületül a Tisza Csongrád és országhatár közötti szakaszát (165-257 fkm) választottuk (1. ábra). Ezen a szakaszon a Tisza esése csupán 1,5-2 cm/km, de a Maros torkolat alatt az esés 5 cm/km-re nő (LÁSZLÓFFY W. 1982). A szakaszt nagyméretű íves kanyarulatok jellemzik, amelyeknek csaknem mindegyike partbiztosított. Ezen a szakaszon a folyó legfeljebb finomszemű homokot szállít, durvább homokanyagot a Maros juttat a Tiszába (VÁGÁS I. 1982). A Tisza átlagos szegedi kisvízi hozamánál 75-ször nagyobb a valaha mért legnagyobb vízhozama, de ennek az 1932-es árvíznek az adata valószínűleg elég nagy mérési hibával terhelt (1. táblázat).



1. ábra A kutatás során az Alsó-Tisza Csongrád és országhatár közötti hullámerét vizsgáltuk  
Figure 1 The study area is the floodplain of the Lower Tisza between Csongrád and the Serbian border

Az Alsó-Tiszán 1855 és 1892 között összesen tíz kanyarulatot vágtak át, így a folyószakasz hosszát 19 km-rel rövidítették le (IHRIG D. 1973). A mederszabályozás és az ártér beszűkítésének hatására az árvízszintek az 1800-as években Szegednél 270 cm-rel emelkedtek, míg a kisvizek szintje 115 cm-t süllyedt (KVASSAY J. 1902). Az 1930-as évektől megkezdődött a partbiztosítások kiépítése azzal a céllal, hogy meggátolják az oldalazó eróziót. Jelenleg az Alsó-Tisza hosszának 51%-a partbiztosított. Elsősorban a folyó jobb partján épültek kőrákok, hiszen a meder itt igen gyakran a gátakhoz túl közel fut (egyes helyeken a meder és a gát távolsága kevesebb, mint 50 m).



Az Alsó-Tisza főbb hidrológiai jellemzői (források: LÁSZLÓFFY W. 1982, SIPOS GY. et al. 2007; KISS T. 2015)  
 Main hydrological parameters of the Lower Tisza (source: LÁSZLÓFFY W. 1982, SIPOS GY. et al. 2007; KISS T. 2015)

Paraméter	Mérés helye	értéke
vízszín esés	Mindszent-Algyő	2,9 cm/km
vízsebesség	Szeged	0,1-1,5 m/s
legmagasabb vízszint (és éve)	Szeged	1009 cm (2006)
legalacsonyabb vízszint (és éve)	Szeged	-250 cm (1946)
legnagyobb vízhozam (és éve)	Szeged	4346 m <sup>3</sup> /s (1932)
legkisebb vízhozam (és éve)	Szeged	58 m <sup>3</sup> /s (2013)
lebegtetett hordalékhozam	Tápé	12,26 millió m <sup>3</sup> /év
fenék-hordalékhozam	Tápé	9000 t/év

A hullámterí feltöltődést az Alsó-Tisza mentén 1998 óta mérjük Mindszent és Mártély térségében. Kezdetben főleg a felhalmozás mértékét és mintázatát vizsgáltuk, majd a növényzet akkumulációt módosító hatását is (KISS T.–FEJES A. 2000; KISS T. et al. 2002; KISS et al. 2004; SÁNDOR A.–KISS T. 2006, 2007). Az eddigi eredményeink szerint a Tisza hullámtere átlagosan 0,8 cm/év ütemmel töltődik fel, de a feltöltődés gyorsuló tendenciát mutat. A legtöbb hordalék a meder közelében, az övzátonyokon és folyóhátakon rakódik le (esetenként több mint 50 cm), míg a legkevesebb (néhány mm) a gátak tövében.

### Alkalmazott kutatási módszerek

Az árvizek elemzéséhez a mindszei (1900–), az algyői (1900–) és a szegedi (1876–) vízmérce napi vízállás és a szegedi (1921–) mért vízhozam adatait használtuk fel. Meghatároztuk minden év legnagyobb vízszint és vízhozam értékeit, és a vízmércénél a mederkitöltő vízszint alapján megszámoltuk az adott évben az ártérre kilépő árvizes napok számát. A vízfolyás energiáját a fajlagos munkavégző képességgel ( $\omega$ ) fejeztük ki, ami a folyó egységnyi felületére kifejtett munkát jelzi (KNIGHTON D. 1999):

$$\omega = \frac{Q \cdot S \cdot g \cdot \rho}{w}$$

ahol:  $Q$  – a mért vízhozam Szegednél,  $S$  – a vízfelszín esése Algyő és Szeged között,  $g$  – a gravitációs gyorsulás,  $\rho$  – a víz sűrűsége és  $w$  – a vízfelszín szélessége.

Mivel a víz sűrűségének kiszámításához hiányoznak a víz hőmérsékletére és a hordaléktöménységére utaló adatok, ezért ezt 1,0-nek vettük. A fajlagos munkavégző képességet a Tisza szegedi szelvényére vonatkoztatva számítottuk ki, mivel innen állt rendelkezésre hosszú távon ténylegesen mért vízhozam-adatsor. Csak a 400 cm feletti szegedi vízállásokhoz tartozó munkavégző képességet számítottuk ki, mivel a 400-500 cm vízállások a mederkitöltő vízszint körüli legintenzívebb mederformálódás mértékére utalnak, míg az 500 cm feletti vízállások már árvizeket reprezentálnak.

A szabályozások óta zajló feltöltődés mértékét a hullámter és a mögötte lévő mentett oldal magasságkülönbsége alapján határoztuk meg. Ehhez a hullámteren 0,5×0,5 m-es felbontású LiDAR felvételt (vertikális pontosság: ±0,1 m), míg a mentett oldalon 5×5 m-es felbontású digitális domborzatmodellt (vertikális pontosság: ±70 cm) használtunk fel.

A területet mentett oldali (jobb és bal) és hullámtéri (jobb és bal part) területegységekre (poligon) osztottuk fel a hullámtér középvonala mentén 1 km-enként húzott közel merőleges vonalak alapján. Ezeknek a poligonoknak az átlag magasságát, illetve térfogatát számítottuk ki. Azonban mivel előfordultak olyan természetes (pl. elhagyott meder) és mesterséges objektumok (pl. nyári gátak, utak, hidak és csatornák) amelyek a magassági adatok alul- vagy felülbecslését eredményezték volna, ezért ezeket az objektumokat a poligonokból kimetsztük. Ráadásul, a mentett oldal és a hullámtér közötti magasságkülönbség meghatározása egyes területegységek esetében nem volt közvetlenül lehetséges, mivel 1) néhol a gát nem az egykori ártéren épült, hanem egy magasabb ártéri szint vagy ártéri sziget peremén (Kiss T. et al. 2012), vagy 2) a mentett oldali település beépítettsége és a felszín antropogén megmagasítása miatt a mentett ártér magassága nem volt meghatározható semelyik oldalon sem (Szeged). A probléma kiküszöbölésére a következő megoldásokat alkalmaztuk. Azon szelvények esetében, ahol:

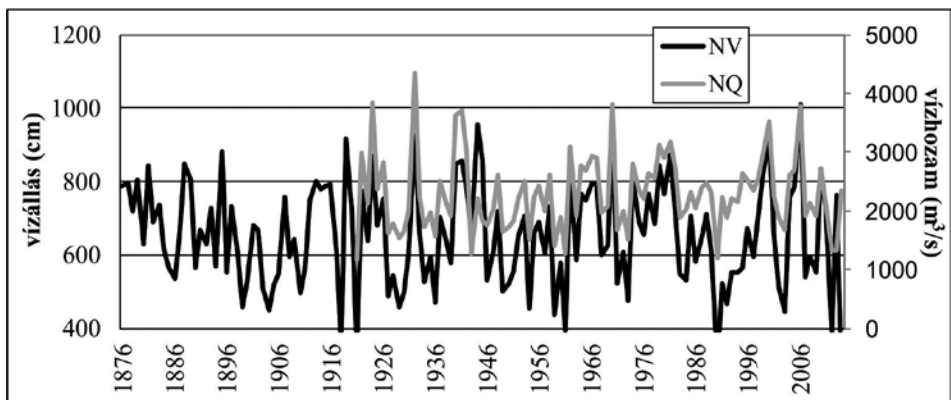
- 1) csak az egyik oldali mentett ártér volt magasabb, ugyanazon szelvényben a szemközti oldali mentett ártér magasságát vettük figyelembe.
- 2) mindkét mentett oldal magasabb volt, és egyik oldalon ártéri sziget akadályozta az elemzést, ott a sziget mögötti egykori ártéri felszín magasságát vettük figyelembe mindkét mentett oldal esetében.
- 3) sűrűn beépített és erősen módosított felszínek vannak mindkét oldalon, ott egyáltalán nem meghatározható a mentett oldal magassága és a feltöltődés mértéke sem.

A vizsgált hullámtéri egységeket négy csoportra osztottuk a hullámtér szélessége és a szélesség folyásirányú változása alapján: 1) egyenletesen szűk hullámtér, 2) szűk, de táguló hullámtér, 3) egyenletesen tág vagy 4) tág, de szűkülő hullámtér.

## Eredmények

### *Az Alsó-Tisza árvizeinek főbb jellegzetességei*

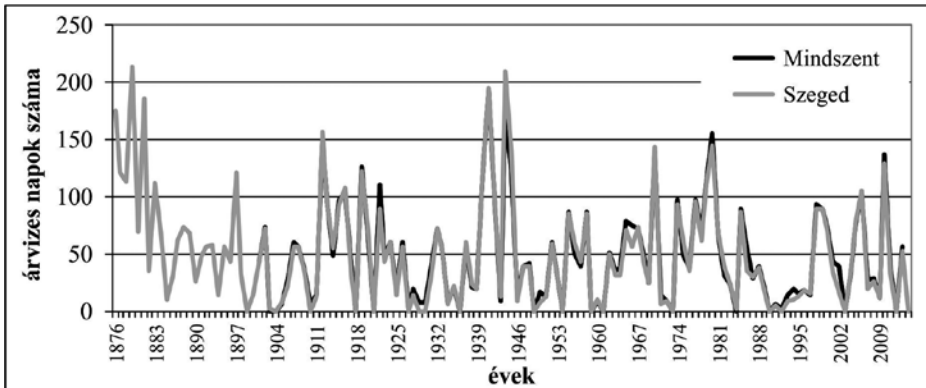
Szegeden, ahonnan a leghosszabb vízállás adatsorral rendelkezünk az Alsó-Tiszán, a 19. század utolsó évtizedeiben (1876-1899) a rekordmagas árvizek szintje (LNV) ötször dőlt meg, így összesen 88 cm-rel nőtt a rekord vízszint (2. ábra). Ugyanakkor, míg az 1870-80-as években az árvizek hosszan (3-7 hónap) borították a hullámteret, addig árvizek



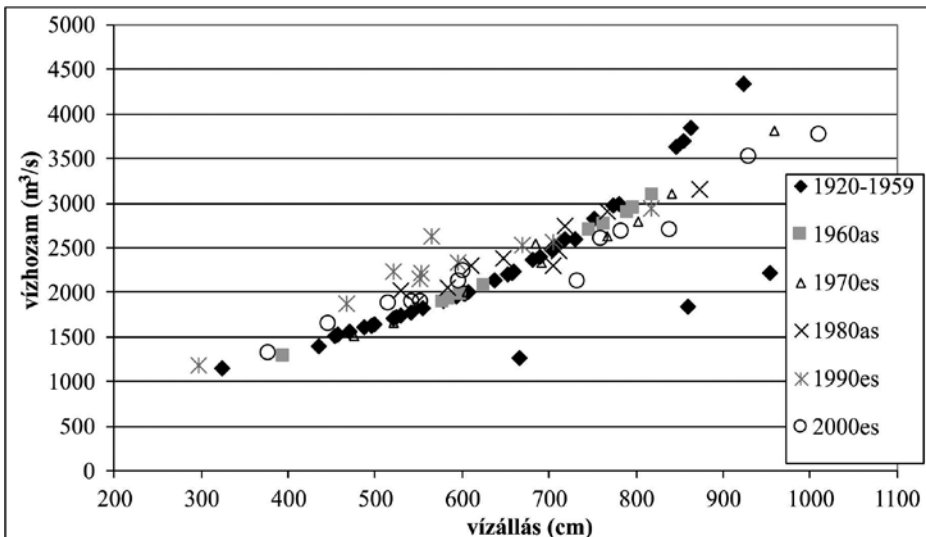
2. ábra Az éves legnagyobb (NV) vízállások és vízhozamok (NQ) alakulása Szegednél  
Figure 2 Yearly highest stages (NV) and highest discharges (NQ) at Szeged

hossza a 19. sz. végén később már 2-3 hónapra rövidült (3. ábra). Ez elsősorban a kanyarulat átvágásokkal hozható összefüggésbe, amelyek hatására az árvizek gyorsabban és magasabb vízzinttel vonultak le. A 20. században az LNV tovább nőtt, és egyre magasabb árvizek következtek be (1919, 1932, 1944 és 1970), amelyek során a korábbi rekordmagas víz szintje Szegednél 76 cm-rel nőtt. A legutóbbi, 2006-os árvíz Szegednél 1009 cm-rel tetőzött, azaz az 1970-es árvízhez képest újfent 60 cm-rel magasabban. Ehhez képest az Alsó-Tisza középső szakaszán található Mindszentnél 2001-ben és 2006-ban is megdőlt az LNV, és az 1970-es árvízhez képest 80 cm-rel nőtt az árvízszint. Ugyanakkor a 20-21. században az árvizes napok száma alig változott, 2-3 hónapig volt vízborítás alatt az ártér. Ebben az időszakban a leghosszabb árvíz 2010-ben fordult elő, és csupán 137 napig tartott.

Az 1990-es és 2000-es évtizedek éves legnagyobb és legkisebb vízállásaihoz tartozó vízhozam nem illeszkedik a korábbi adatok pont-sorára (4. ábra). A nagyvizek esetén megfigyelhető, hogy az 500-650 cm-es vízállásokhoz (ami Szegednél mederkitöltő vízzint



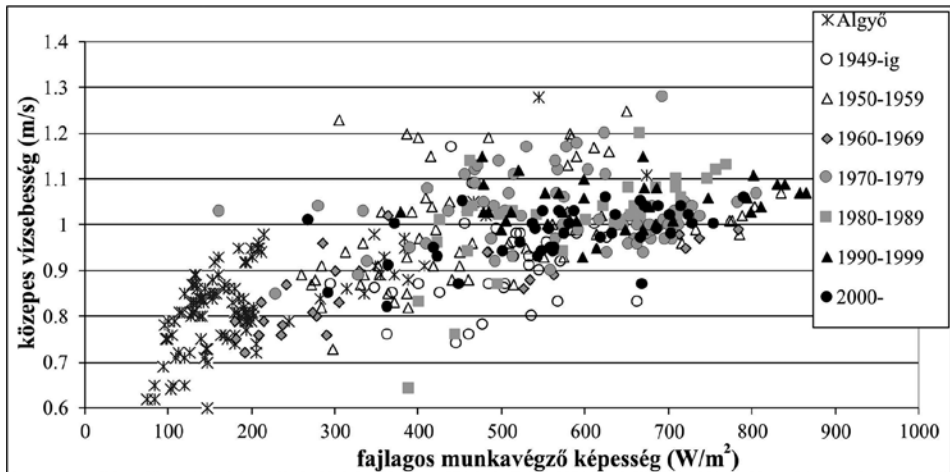
3. ábra Az évenkénti árvizes napok számának alakulása Mindszentnél és Szegeden  
Figure 3 Duration (day) of annual floods at Mindszent and Szeged



4. ábra A szegedi vízmérce éves legnagyobb (NV) vízállásaihoz tartozó vízhozamok alakulása 1920-2013 között  
Figure 4 Relationship between the yearly highest stages (NV) and highest discharges (NQ) at Szeged (1920-2013)

alatti) tartozó vízhozam megnőtt, ami arra utal, hogy mederkitöltő vízszintek közelében igen intenzív lehet a bevágódás. Ugyanakkor a 650 cm feletti, a hullámtérre kilépő vízál-lásokhoz tartozó vízhozam csökkent, ami az árvízi keresztmetszet szűkülésére, vízvezető képességének romlására utal.

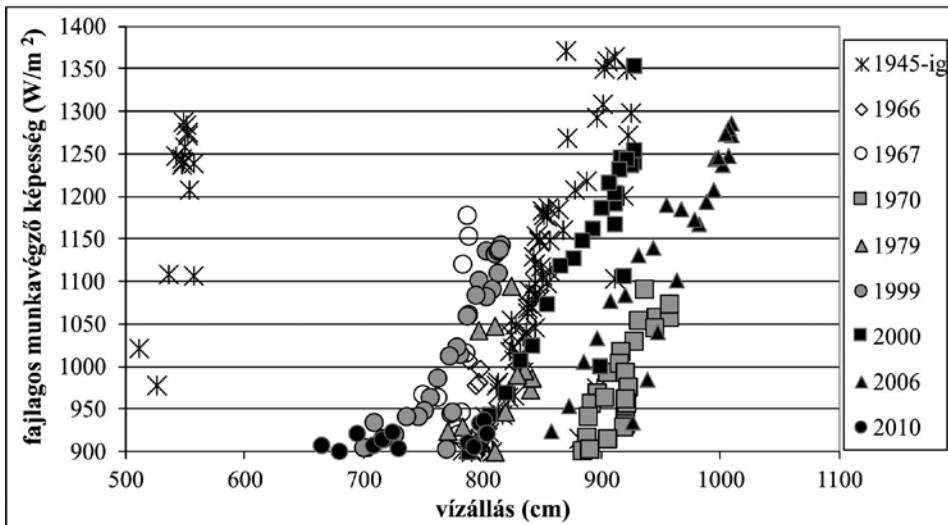
A meder fejlődése szempontjából alapvető szerepet játszik a vízhozam és esés együttes alakulását tükröző fajlagos munkavégző képesség. Összehasonlítottuk az algyói és szege-di fajlagos munkavégző képességet a 400-799 cm közötti, azaz mederkitöltő vízszint és afeletti vízállás-tartományban (5. ábra). Algyón, a Maros torkolata felett a fajlagos munkavégző képesség ( $\omega_{\text{atl}} = 443 \text{ W/m}^2$ ) kisebb, mint az ugyanezen időszakból (2000-es évek) származó szege-di adatok ( $\omega_{\text{atl}} = 576 \text{ W/m}^2$ ). Mivel a két mérési ponton ugyanezen adatsor átlagos vízhozam adatai alig térnek el (Algyó:  $Q_{\text{atl}} = 2070 \text{ m}^3/\text{s}$ , Szeged:  $Q_{\text{atl}} = 2107 \text{ m}^3/\text{s}$ ), a munkavégző képesség növekedése egyértelműen a Maros torkolata alatti megnövekedett eséssel (átlagos esés: 5 cm/km) és nagyobb vízsebességével magyarázható.



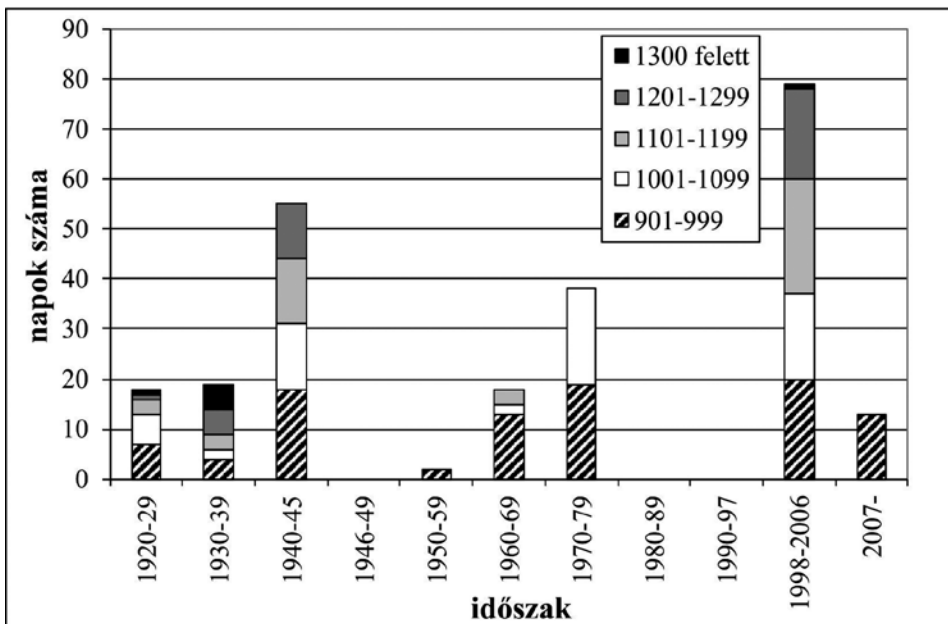
5. ábra A 400-799 cm közötti vízállások fajlagos munkavégző képességének és középsebességének alakulása Szegednél és Algyónél

Figure 5 Relationship between the specific stream power and mean flow velocity of certain stages (400-799 cm) at Szeged and Algyó

Mivel az irodalmi adatok alapján a folyók munkavégző képessége mederkitöltő vízszintnél a legnagyobb (YANG, Y.C. 1979; KNIGHTON, D. 1999), ezért megvizsgáltuk, hogy évtizedenként, illetve kiemelve az 1998-2006-os jelentős árvizekkel jellemezhető időszakot, hogyan alakult a mederkitöltő vízszint közeli (500-599 cm) vízállások fajlagos munkavégző képessége (6-7. ábra). Ezek egész időszakra vonatkozó átlaga ( $\omega_{\text{mk}} = 454 \text{ W/m}^2$ ) már 2,4-szerese az összes vízálláshoz tartozó átlagnak, de még jelentősen elmarad az egyes árvizek csúcsán számított értéktől ( $\omega_{\text{max}} = 1372 \text{ W/m}^2$ ). A mederkitöltő vizek átlagos fajlagos munkavégző képessége ( $\omega_{\text{mk}} = 350\text{-}450 \text{ W/m}^2$ ) az 1998-99-es árvizekig nem mutatott jellegzetes változást. Azonban az 1990-es évektől a munkavégző képesség átlaga jelentősen megnőtt ( $\omega_{\text{atl}} = 513\text{-}558 \text{ W/m}^2$ ). A magas fajlagos munkavégző képesség gyakorisága 1945-1997 között erőteljesen lecsökkent, annak ellenére, hogy ekkor még a mederesés is nagyobb volt (Kiss T. 2015), és noha ekkor is voltak jelentős árhullámok. Például az 1970-es árvíz rekord vízszinttel tetőzött, de ennek ellenére munkavégző képessége ( $\omega_{\text{max}} = 1072 \text{ W/m}^2$ ) nem volt kiemelkedő. Ez arra utal, hogy ekkortájt a nagy- és árvízi meder kisebb érdekességű és jobb vízvezető képességű lehetett, és kisebb ellenállást nyújtott a mederformálással



6. ábra Néhány jellegzetes árvíz fajlagos munkavégző képessége Szegednél  
 Figure 6 Specific stream power of some high floods at Szeged



7. ábra A 900 W/m<sup>2</sup>-nél nagyobb munkavégző képességű napok száma évtizedenként  
 Figure 7 Length of high ( $\geq 900 \text{ W/m}^2$ ) specific stream power periods

szemben. (Tehát az 1970-es árvíz egy jó vízvezető képességű, és kis ellenállású árvízi mederben vonult le.) Azonban az 1998-2006-os árvizek több napon át magas munkavégző képességgel rendelkeztek (pl. 1998:  $\omega_{\max} = 911 \text{ W/m}^2$ , 1999:  $\omega_{\max} = 1141 \text{ W/m}^2$  vagy 2000:  $\omega_{\max} = 1350 \text{ W/m}^2$ ). Ez az árvízi és a nagyvízi meder vízvezető képességének romlására utal, hiszen a Tisza nagyobb energiát fejt ki a meder formálására mint korábban,

annak ellenére, hogy romlanak az esésviszonyai (KISS T. 2015). Ezt tükrözi az is, hogy ugyanazon vízsebesség értékhez (pl. 1 m/s) tartozó munkavégző képesség több mint a duplájára növekedett.

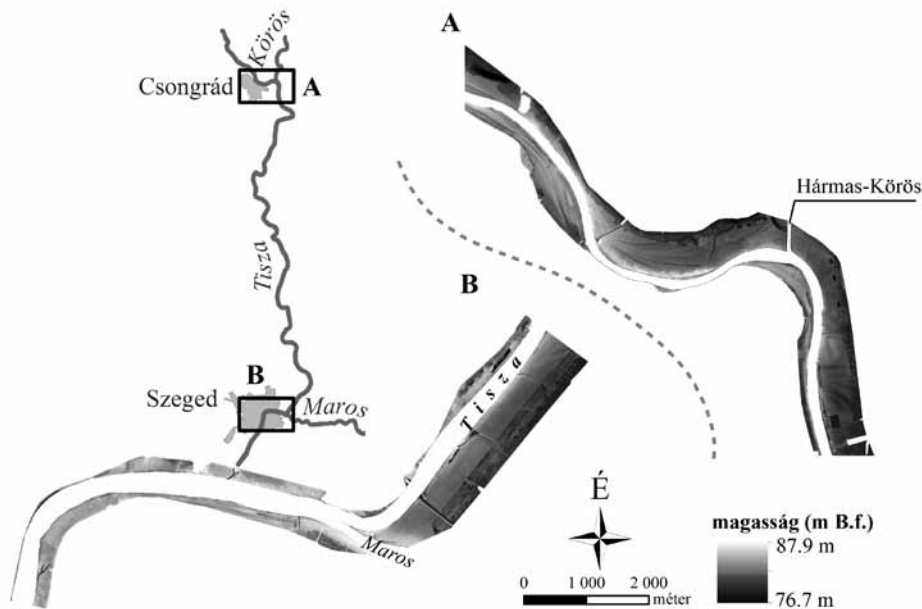
### *Az Alsó-Tisza hullámterén a feltöltődés jellegzetességei*

A mentett ártér és a hullámtér LiDAR és DDM segítségével kiszámított magasságkülönbsége azt mutatja, hogy a vizsgált szakaszon a feltöltődés átlagos mértéke a szabályozások óta 120 cm, amely megfelel a hazai kutatások eredményeinek (pl. NAGY I. et al. 2001; GÖNCZY S.–MOLNÁR J. 2004; SÁNDOR A.–KISS T. 2006, 2007; KONCSOS L.–KOZMA ZS. 2007; VASS R. 2007; VASS R. et al. 2009). Ez térfogatban kifejezve összesen 90 millió m<sup>3</sup> hordaléknak felel meg, azaz kb. 7 évnyi lebegtetett hordalékmennyiség egésze halmozódott fel a hullámtéren (a Tisza lebegtetett hordalékmennyisége Szegednél 12,26 millió m<sup>3</sup>/év – BOGÁRDI J. 1971).

Területegységenként a feltöltődés azonban igen változó képet mutat, hiszen a leggyorsabban feltöltődő szakaszon (201-203 fkm) 260 cm vastagságban mintegy 6,4 millió m<sup>3</sup> hordalék halmozódott fel a hullámtér teljes szélességében, míg a legkevésbé feltöltődő területen (pl. 251-252 fkm) közel századannyi (0,6 millió m<sup>3</sup>) hordalék rakódott le, ami 40 cm vastagságú feltöltődésnek felel meg. A legvastagabb feltöltődés (> 150 cm) az erőteljesen beszűkülő szakaszokon figyelhető meg, például Csongrád felett (246-248 fkm), Mindszent térségében (215-218 fkm), valamint a Maros torkolata alatti szakaszon (165-171 fkm). Azonban ha az üledék térfogatát tekintjük, akkor a tágulatokban mértük a legnagyobb akkumulációt, például a Szentes és Szegvár közötti tágulatban (223-232 fkm) és Mártély térségében (198-210 fkm).

Az Alsó-Tisza mentén a feltöltődést alapvetően befolyásolhatja a betorkolló Hármas-Körös és Maros. Ennek értékeléséhez összehasonlítottuk a torkolatok feletti és alatti 3-4 km-es szakaszok akkumulációját (8. ábra). A Maros torkolata feletti szakaszon az akkumuláció mértéke 50-150 cm közötti, míg az alatt már 100-250 cm, azaz a torkolattól lefelé a feltöltődés mértéke átlagosan 85 cm-rel nőtt. Ezzel szemben a Körös-torkolat alatt nem figyelhető meg nagyobb mértékű feltöltődés. A Körösök torkolata feletti szakaszon a feltöltődés mértéke 100-220 cm közötti, míg a torkolat alatti szakaszon csak 30-100 cm, tehát a torkolattól folyásirányban lefelé átlagosan 86 cm-rel kevesebb hordalék rakódott le. Ha megvizsgáljuk a lerakott hordalék térfogatát, hasonló tendencia figyelhető meg, a Körös-torkolat alatt közel 18-szor kevesebb hordalék rakódott le, mint az afeletti szakaszon. Azonban a Maros esetében is hasonló jelenség tapasztalható, viszont itt a torkolat feletti és alatti szakaszok különbsége csupán 1,5-szeres.

A mellékfolyók eltérő hatása a hullámtéri feltöltődésre elsősorban a két folyó különböző hidrológiai tulajdonságaiban és a szállított hordalék eltérő mennyiségében keresendő. A Maros viszonylag nagy eséssel (7-9 cm/km) torkollik a jóval kisebb esésű (~2 cm/km) Tiszába, míg a Körösök mederesése (0,5-3,3 cm/km) hasonló a Tiszáéhoz, tehát a vízsebesség kevésbé módosul. Ráadásul a Maros sok hordalékot szállít (4,2 millió m<sup>3</sup>/év; BOGÁRDI J. 1971), ami a hirtelen eséscsökkenés miatt lerakódhat. Ugyanakkor a Körösök lebegtetett hordalékhozama tizedannyi (0,4 millió m<sup>3</sup>/év), mint a Marosé. A Maros torkolata alatti megnövekedett akkumulációhoz hozzájárulhat az is, hogy a hullámtér Szegednél erőteljesen beszűkül (840 m-ről 470 m-re), míg a Körösök torkolata alatt a hullámtér közel azonos szélességű (690 m-ről 740 m-re szélesedik). A Körösök esetében a hordalékszállítás befolyásolhatja a felsőbb szakaszon lévő duzzasztók is, amelyek közül viszonylag korán, 1907-ban épült meg a bökényi, majd 1942-ben a békésszentandrászi duzzasztó, amelyek csökkentik a torkolatig eljutó hordalék mennyiségét.



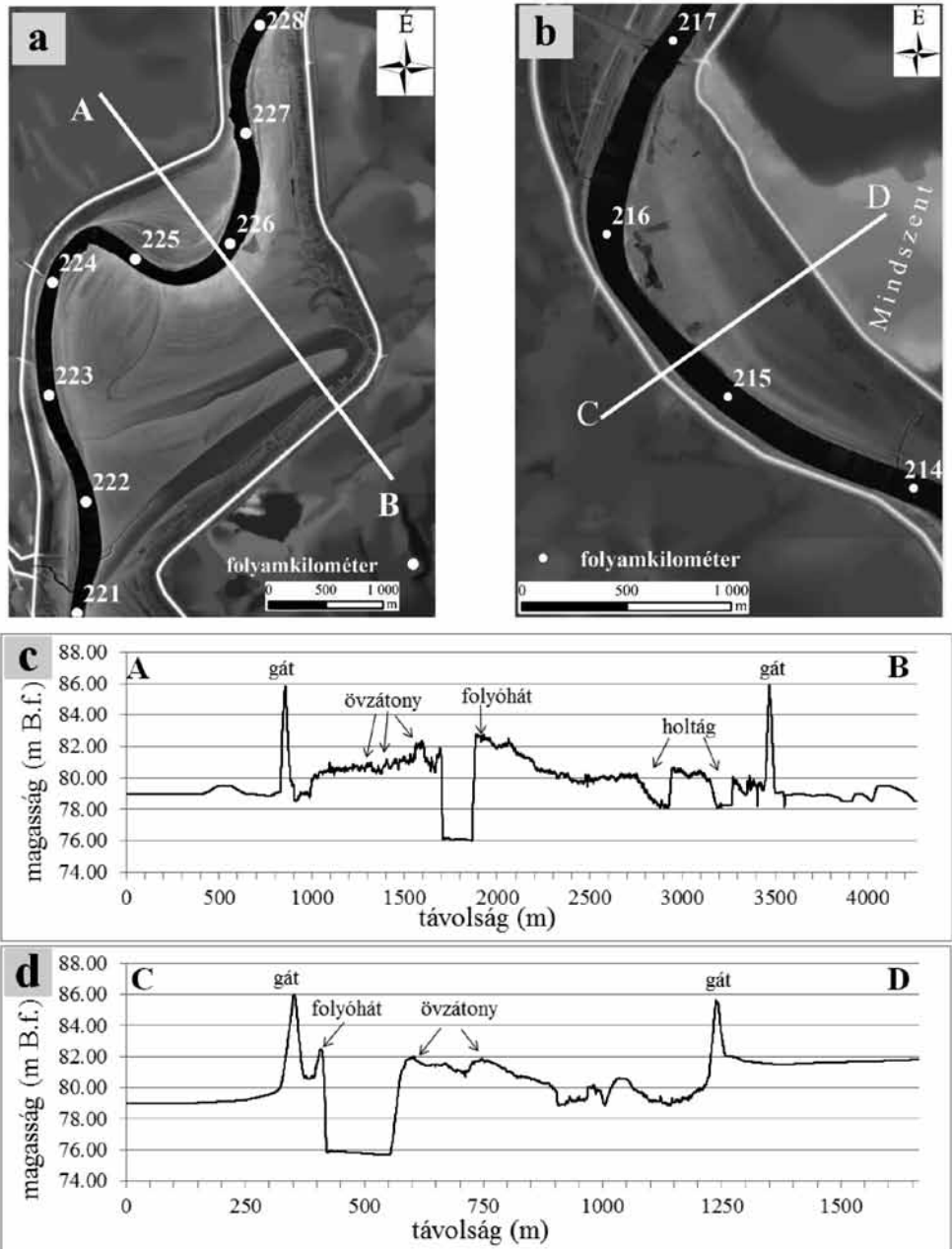
8. ábra A Hármas-Körös és a Maros hullámtéri feltöltődésre gyakorolt hatása  
 Figure 8 The impact of the Körös and Maros Rivers on floodplain sedimentation

Ugyanazon szelvényen belül a jobb és a bal parti hullámtéren jelentősen különbözhet a feltöltődés mértéke. A jobb oldali hullámtéren fordulnak elő a magasabb (80-170 cm) értékek, míg a bal parton a feltöltődés jellemzően jóval kisebb (0-80 cm). Ez magyarázható például azzal, hogy a jobb parthoz közelebb vannak a gátak, gyakoribbak a partbiztosítások és így igen magas folyóhátak alakultak ki. Ezen okok közül megvizsgáltuk, hogy milyen kapcsolat van a hullámtér teljes szélessége és a feltöltődés között.

Az Alsó-Tisza mentén az árvízvédelmi töltések egymástól való távolsága meglehetősen változó. A hullámtér szélessége átlagosan 1142 m, de számos szűkület és kitáguló öblözet jellemzi (1. ábra). A hullámtér Szegednél a legszűkebb (360 m), míg a legtágabb Mártélynál (3800 m), ami jelentős hatással lehet a feltöltődés mértékre. Ráadásul a jobb és a bal parti hullámtér szélessége sem hasonló, a jobb parti hullámtér rendszerint jóval szűkebb (átl. 321 m), mint a bal parti (átl. 635 m).

A hullámtér szélessége és a feltöltődés kapcsolatának bemutatására két jellegzetes szelvényt választottunk ki (9. ábra). Az első szelvény Csanytelek-Szegvár vonalában található (226,0 fkm) egy kanyarulatban, ahol mindkét oldali hullámtér tág (800 m és 1600 m). A kanyarulat külső ívén egy 250 m széles és 3 m magas folyóhát, míg a belső íven több tagú övzatonysor található. Az akkumuláció mértéke mindkét oldalon az átlag körüli (120 cm illetve 130 cm). A bal oldali magasabb felhalmozódást az aktív folyóhát meglelte magyarázza. A második szelvény Mindszentnél található (215,3 fkm) szintén egy kanyarulatban, azonban a jobb oldali hullámtér nagyon szűk (50 m), míg a bal oldal jóval tágasabb (600 m). A kanyarulat külső ívén egy csupán 20 m széles és 2 m magas folyóhát alakult ki, míg a belső íven néhány övzatonysor. A hullámtér eltérő szélessége itt már jelentősen módosítja a lerakódó hordalék vastagságát. A jóval szűkebb jobb oldalon a feltöltődés 217 cm, míg a bal oldalon 166 cm, azaz 50 cm-rel kevesebb. Azonban, ha az üledék térfogatát vesszük alapul, az tapasztalható, hogy a szűkebb jobb oldalon ( $65\ 100\ m^3$ ) 15-ször kevesebb hor-

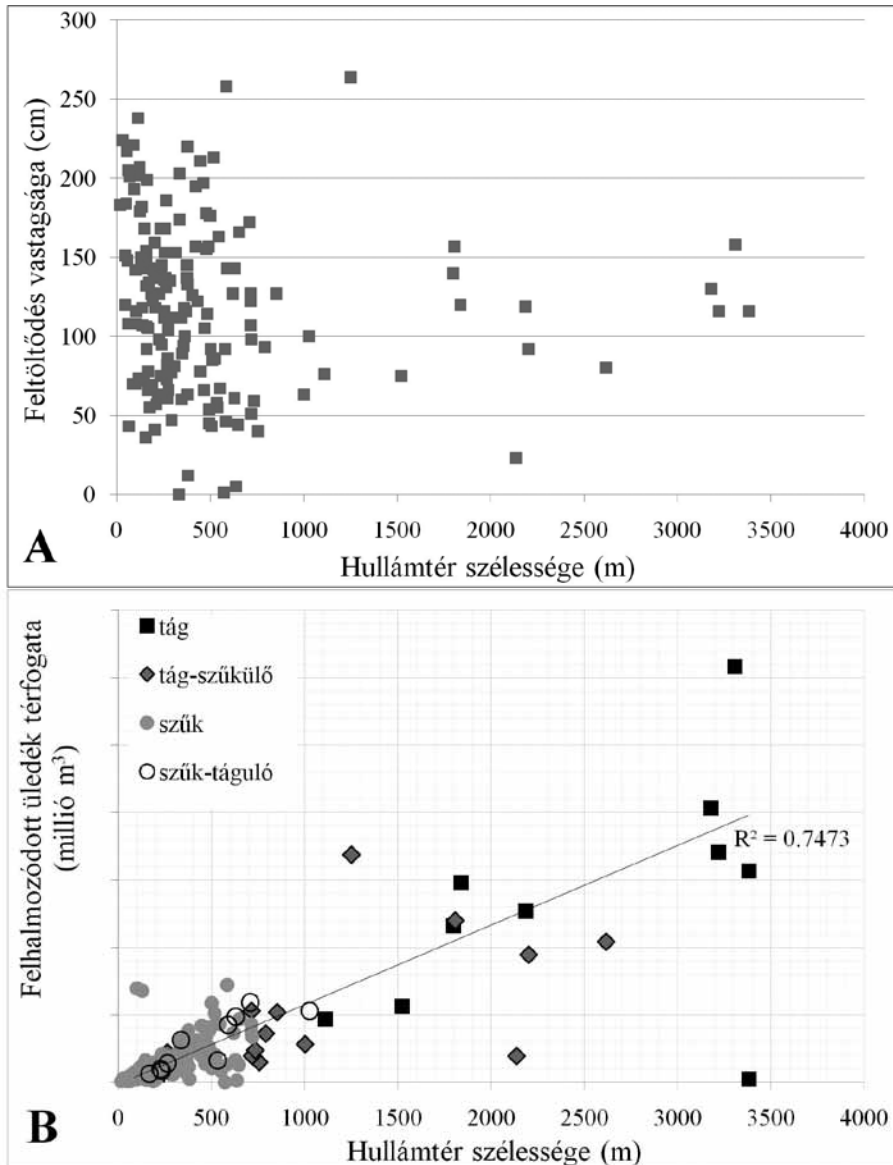
dalék rakódott le, mint a tágabb bal oldalon ( $946\,200\text{ m}^3$ ). Ennek oka, hogy a bal oldali hullámtéren habár a felhalmozódás vastagsága jóval kisebb, viszont a hullámtér nagyobb szélessége miatt az árvíz nagyobb területen tudja szétteríteni a szállított hordalékot.



9. ábra A hullámtér feltöltődése egy széles (A) és egy keskeny hullámtéri területen (B) keresztmetsvények (C-D) alapján  
 Figure 9 Floodplain sedimentation on a wide (a) and a narrow (b) floodplain based on cross-section profiles (c-d)



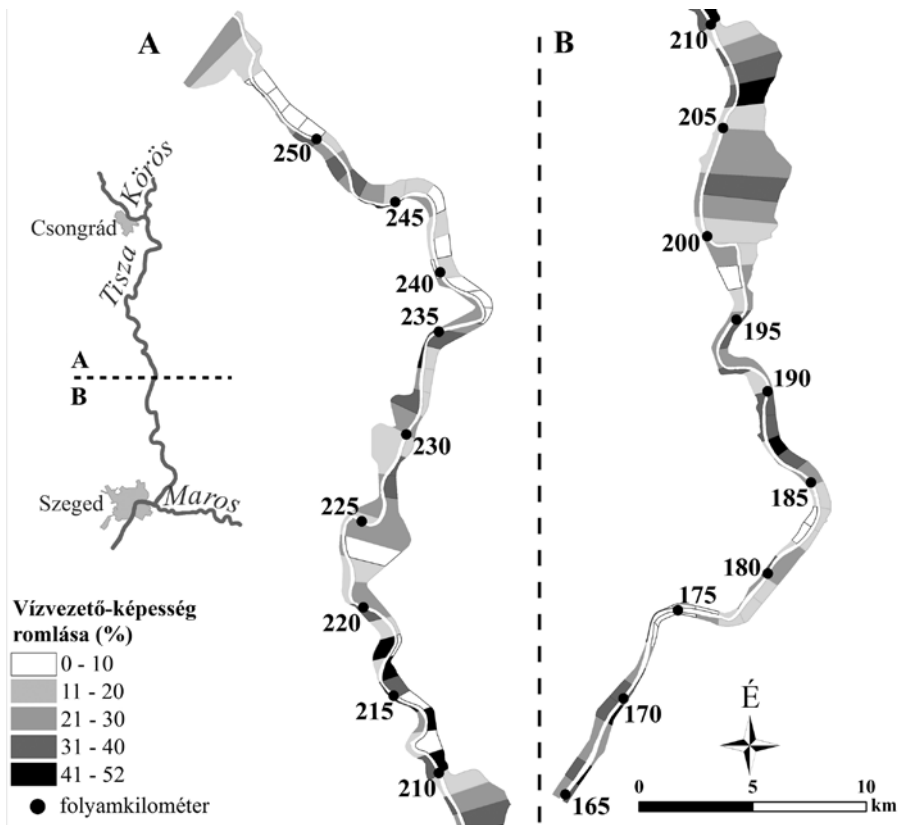
A teljes vizsgált szakaszon elemeztük a hullámtér teljes szélessége és a lerakódott hordalék vastagsága és térfogata közötti kapcsolatot. A fentebb részletezett példák alapján egyértelmű lenne, hogy a hullámtér szélesedésével csökken a felhalmozódó üledék vastagsága. Azonban ez az összefüggés nem teljesen egyértelmű (10A ábra), hiszen a szűkebb és tágabb hullámtéri területeken egyaránt előfordulhat vékonyabb és vastagabb felhalmozódás is. Ha azonban az üledék térfogatát vizsgáljuk a hullámtér szélességének függvényében, akkor az megállapítható, hogy a két adatsor között egyenes arányosság van (10B ábra).



10. ábra A feltöltődés vastagsága (A) és térfogata (B) illetve a hullámtér szélessége közötti kapcsolat  
 Figure 10 Relationship between the thickness (A) and volume (B) of sedimentation and the width of the floodplain

A vizsgált hullámtéri egységeket négy csoportra osztottuk a hullámtér szélessége és a szélesség folyásirányú változása alapján. A terület egységek 68%-a az egyenesen szűk ( $\leq 750$  m) hullámterű csoportba tartozik. Ezek a területek a feltöltődés térfogata legfeljebb 1,45 millió  $m^3$ , ami igen változó (40-260 cm) mértékű feltöltődésnek felel meg. Ehhez képest a szűk ( $\leq 1000$  m), de folyásirányban egyre tágabb hullámtéri területeken a feltöltődés térfogata (legfeljebb 1,5 millió  $m^3$ ) és vastagsága (60-200 cm) is hasonló az előző csoportéhoz. A tág hullámtereken (a terület egységek 10,5%-a) a lerakódott hordalék térfogata megnő (max. 6,14 millió  $m^3$ ), míg az üledék vastagsága 65-150 cm között változik. A tág, de folyásirányban lefelé szűkülő hullámtéri egységekben a felhalmozódás térfogata lecsökken (legfeljebb 3,4 millió  $m^3$ ), de vastagsága nő (70-225 cm). Mindez arra utal, hogy a feltöltődés térfogatát egyértelműen a hullámtér szélessége határozza meg, míg a felhalmozódó üledék vastagságát más tényezők is befolyásolják.

A hullámtéri feltöltődés okozta vízvezető képesség romlását is kiszámítottuk, azaz, hogy a lerakódott hordalék térfogata mennyit foglal el a hullámtérből, tehát mennyivel kevesebb árvízet képes a hullámtér levezetni (11. ábra). A Tisza jobb partján átlagosan 23,7%-kal, míg a bal parton 21,4%-kal romlott a hullámtér vízvezető képessége, azonban vannak olyan kitüntetett akkumulációjú helyek (pl. Mindszentnél a 217-218 fkm között), ahol az 52%-ot is eléri a vízvezető képesség romlása.



11. ábra A hullámtér feltöltődésének egyik következménye, hogy az átfolyási keresztmetszet csökkenésével romlik a hullámtér vízvezető-képessége

Figure 11 The main consequence of floodplain accumulation is the decrease of flood conductivity

## Összefoglalás

A korábbi kutatások általában csupán egy-egy mintavételi pontban határozták meg az ármentesítések óta akkumulálódott üledék vastagságát. Vizsgálataink szerint az Alsó-Tiszán a feltöltődés átlagos mértéke 120 cm (átlagosan 0,8 cm/év), ami közel megegyezik korábbi mérési eredményeinkkel (SÁNDOR A. – KISS T. 2006; 2007), hiszen szedimentológiai elemzések alapján 0,8-1 cm/év ütemű feltöltődéssel számoltunk. Hasonló eredményre jutottak a Felső-Tiszán GÖNCZY S. – MOLNÁR J. (2004), akik 135 cm feltöltődést mértek, míg VASS R. et al. (2009) eredményei szerint az akkumuláció 0,2-1 cm/év ütemű.

A szabályozások megkezdése óta Szegednél az árvizek magassága 1876 óta 224 cm-rel nőtt. Ebből tehát átlagosan 120 cm vízszintnövekedésért lehet felelős a hullámtéri feltöltődés. További 100 cm-es vízszintnövekedés nagy része a hullámtér és a meder romló vízszállításához köthető, ami kapcsolatban van a hullámterek elburjánzó növényzetével és a meder szűkülésével (KISS T. et al. 2008).

A hullámtéren felhalmozódó üledék vastagsága térben változik, hiszen egyes hullámtéri területeken az akkumuláció csupán 40-50 cm-es, ugyanakkor a szűkebb hullámtereken elérheti a 250-260 cm-t is. A feltöltődést alapvetően befolyásolja a hullámtéri öblözetek összeszűkülése illetve kinyílása, hiszen szűkülő hullámtéren akár 50 cm-rel is megnőhet az üledék vastagsága a tág hullámtéri területekhez képest. A hullámtéren az üledék vastagsága nem, de térfogata arányos a hullámterek szélességével, hiszen az árvizek tág hullámtéren nagyobb területre tudnak kiönteni, így arányosan több hordalék tud lerakódni. Az adatsoraink azt mutatják, hogy a feltöltődést a hullámtér szélessége mellett a betorkolló mellékfolyók is befolyásolhatják, hiszen a Maros torkolata alatt a feltöltődés 1,5-szeresére nőtt.

A kutatás során megalkotott térkép, amely mutatja a hullámtéri területek átfolyási kapacitásának százalékos csökkenését, felhasználhatóak lennének a vízügyi gyakorlat során. Hiszen a kitéüntetett akkumulációjú helyeken (pl. Mindszentnél), ahol az 52%-ot is eléri a vízvezető képesség romlása, az árvizek részben visszaduzzaszthatnak, részben megemelik a levonuló árvíz szintjét, tehát itt lenne a legfontosabb a hullámterek helyes kezelése, esetleg a lerakódott hordalék elszállítása.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OTKA 119193. sz. pályázata támogatta.

---

NAGY JUDIT  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
nagy.judit19@gmail.com

FIALA KÁROLY  
Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Vízirajzi és Adattári Osztály, Szeged  
fialak@ativizig.hu

BLANKA VIKTÓRIA  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
blankav@geo.u-szeged.hu

SIPOS GYÖRGY  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
siposgy@geo.u-szeged.hu

KISS TÍMEA  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
kisstimi@gmail.com

#### IRODALOM

- BABÁK K. 2006: A Hármas-Körös hullámterének feltöltődése a szabályozások óta – Földrajzi Értesítő 55. 3-4. pp. 393–399.
- BALOGH J. – NAGY I. – SCHWEITZER F. 2005: A Közép-Tisza mente geomorfológiai adottságainak és a hullámterek feliszapolódásának vizsgálata mintaterületeken – Földrajzi Értesítő 54. 1-2. pp. 34–64.
- BEZDÁN M. 2011: A vízlépcsők hatása a Tisza vízjárására – Hidrológiai Közöny, 91. 2. pp. 18–20.
- BOGÁRDI J. 1971: Vízfolyások hordalékszállítása – Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 838.
- BORSY Z. 1972: Üledék- és morfológiai vizsgálatok a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után – Földrajzi Közlemények 96. 1. pp. 38–58.
- BRAUN M. – PAPP I. – KORPONAI J. – LUKÁCS V. – GYULAI I. – FORRÓ L. – HUBAY K. – SZALÓKI I. 2010: A Tisza vízjárásának nyomai a Marótzugi-Holt-Tisza üledékében – Hidrológiai Közöny 90. 6. pp. 20–22.
- BRAUN M. – SZALÓKI I. – POSTA J. – DEZSŐ Z. 2003: Üledék felhalmozódás sebességének becslése a Tisza hullámterében. MHT XXI. Vándorgyűlésén elhangzott előadások (CD kiadvány), 2/2. 1–11.
- DEZSŐ Z. – SZABÓ SZ. – BIHARI Á. 2009: Tiszai hullámtér feltöltődésének időbeli alakulása a <sup>137</sup>Cs-izotóp gamma-spektrometriai vizsgálata alapján – In: MÓCSY I. – SZACSVAI K. – URÁK I. – ZSIGMOND A. (szerk): Proc. V. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Sapientia, Kolozsvár pp. 443–438.
- FÉLEGYHÁZI E. 2008: Ártélyi lapályok elhagyott meder- és morotvatavainak feltöltődési sebessége – In: Kiss T. – Mezősi G. (szerk): Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon. Földrajzi Tanulmányok II. Szeged. pp. 55–63.
- FIALA K. – KISS T. 2005: A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó-Tiszán – Hidrológiai Közöny, 85. 3. pp. 60–65.
- GÁBRIS GY. – TELBISZ T. – NAGY B. 2002: A tiszai hullámtér feltöltődésének vizsgálata DDM segítségével – In: KISS T. – MEZŐSI G. (szerk): Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon. Földrajzi Tanulmányok II., Szeged. pp. 65–72.
- GÖNCZY S. – MOLNÁR J. 2004: A Tiszai vízjárás változások valószínű okai – Műszaki Szemle 25. pp. 9–15.
- HOMOKINÉ ÚJVÁRI K. 2003: Az 1998. évi novemberi tiszai árvíz meteorológiai jellemzése – Vízügyi Közlemények 85. 1. klnsz. pp. 35–46.
- IHRIG D. 1973: A magyar vízszabályozás története – Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, p. 398.
- JAKUCS L. 1982: Az árvizek gyakoriságának okai és annak tényezői a Tisza vízrendszerében – Földrajzi Közlemények 30. pp. 212–236.
- KÁROLYI Z. 1960: A Tisza mederváltozásai, különös tekintettel az árvízvédelemre – VITUKI 8. Budapest. 102 p.
- KISS T. 2015: Fluvialis folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. Akadémiai doktori értekezés. p. 165.
- KISS T. – FEJES A. 2000: Flood caused sedimentation on the foreshore of the River Tisza – ACTA Geographica Szegediensis. 37. pp. 51–54.
- KISS T. – FIALA K. – SIPOS GY. 2008: Altered meander parameters due to river regulation works, Lower Tisza, Hungary – Geomorphology 98. 1-2. pp. 96–110.
- KISS T. – HERNESZ P. – SIPOS GY. 2012: Meander cores on the floodplain – The early Holocen development of the lower-floodplain the Lower Tisza Region, Hungary – Journal of Environmental Geography 5. 1-2. pp. 1–10.
- KISS T. – OROSZI V. – SIPOS GY. – FIALA K. – BENEYHE B. 2011: Accelerated overbank accumulation after nineteenth century river regulation works: A case study on the Maros River, Hungary – Geomorphology 135. pp. 191–202.
- KISS T. – SÁNDOR A. – GRESÓ ZS. 2005: Investigations on the rate of floodplain sediment accumulation in the Mártélyi embayment of the Lower Tisza – Acta Geographica 38. pp. 15–27.
- KISS T. – SIPOS GY. – FIALA K. 2002: Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán – Vízügyi Közlemények 84. 3. pp. 456–472.
- KISS T. – SIPOS GY. – OROSZI V. – BARTA K. 2004: Üledékfelhalmozódás mértékének vizsgálata a Maros és az Alsó-Tisza hullámterén – II. Magyar Földrajzi Konferencia (CD kiadvány), Szeged, pp. 1–22.
- KNIGHTON D. 1999: Downstream variation in stream power. Geomorphology 29, 293–306.

- KONCSOS L.–KOZMA Zs. 2007: A hullámtéri feltöltődés becslése a Tisza magyarországi szakaszán – Hidrológiai Közöny 7. 5. pp. 59–63.
- KOZÁK M.–RÁTKY I. 1999: Hullámtér szélességének és beépítettségének hatása az árvízszintekre – Vízügyi Közlemények 81. 2. pp. 311–317.
- KVASSAY J. 1902: A szabályozások hatása a folyók vízjárására Magyarországon – Vízügyi Közlemények 15. pp. 7–27.
- LÁSZLÓFFY W. 1982: A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a Tisza vízrendszerében – Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 610.
- LÓKI J.–SZABÓ J.–KONECSNY K.–SZABÓ G.–SZABÓ Sz. 2004: Az erdőszülség és az árhullámok kapcsolata a Felső-Tisza-vidéken – II. Magyar Földrajzi Konferencia (CD kiadvány), Szeged, pp. 1–21.
- NAGY I.–SCHWEITZER F.–ALFÖLDI L. 2001: A hullámtéri hordalék lerakódás (övezet) – Vízügyi Közlemények 83. 4. pp. 539–564.
- OROSZI V.–KISS T. 2005: The analysis of sediment accumulation and silting-up of a cut-off channel on River Maros near the city of Makó – Acta Geographica 38. pp. 27–39.
- PIERCE, A.R.–KING, S.L. 2008: Spatial dynamics of overbank sedimentation in floodplain systems – Geomorphology 100. pp. 256–268.
- RÁKÓCZI L. 1989: Vízlépcsők hatása a hordalék- és mederviszonyokra – Vízügyi Közlemények 71. 1. pp. 5–24.
- RÁTKY I.–FARKAS P. 2003: A növényzet hatása a hullámtér vízszállító képességére – Vízügyi Közlemények 85. 2. pp. 246–265.
- SÁNDOR A.–KISS T. 2006: A hullámtéri üledék-felhalmozódás mértékének vizsgálata a Közép- és az Alsó-Tiszán – Hidrológiai Közöny 86. 2. pp. 58–62.
- SÁNDOR A.–KISS T. 2007: A 2006. tavaszi árvíz okozta feltöltődés mértéke és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata a Közép-Tiszán, Szolnoknál – Hidrológiai Közöny 87. 4. pp. 19–24.
- SCHWEITZER F. 2001: A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai. Földrajzi Értesítő, 50. 1-4. pp. 63–72.
- SIPOS Gy.–KISS T.–FIALA K. 2007: Morphological alterations due to channelization along the Lower Tisza and Maros Rivers (Hungary). Geographica Fisica e Dinamica Quaternaria, 30. 239–247.
- SZABÓ Sz.–MOLNÁR L. Sz.–GOSZTONYI Gy.–POSTA J.–PROKISCH J. 2008: A nehézfém- szennyezettség vizsgálata egy felső-tiszai holtmeder környezetében – In: DEMETER G. (szerk): Geographia Generalis et specialis. Debrecen, pp. 255–260.
- SZALAI Z.–BALOGHNÉ DI GLÉRIA M.–JAKAB G.–CSUTÁK M.–BÁDONYI K.–TÓTH A. 2005: A folyópartok alakjának szerepe a hullámtereken kiülepedő üledék szemcse- és nehézfém frakcionációjában, a Duna és a Tisza példáján – Földrajzi Értesítő 54. 1-2. pp. 61–84.
- SZLÁVIK L. 2001: A Tisza- völgy árvízvédelme és fejlesztése. I. MFK (CD- kiadvány), Szeged, 1–52.
- TÖRÖK I. Gy. 2000: Az alföldi folyók hullámtérének szerepe és hasznosítása. –In: PÁLFAI I. (szerk.): A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. Békéscsaba, pp. 125–132.
- VÁGÁS I.–BEZDÁN M. 2015: A Tisza és árvizei – Kisbíró Kft, Szeged, p. 189.
- VÁGÁS I. 1982: A Tisza árvizei – Vízügyi Dokumentációs és Továbbképző Intézet, Budapest, p. 283.
- VÁGÁS I. 2001: Az ezredforduló árhullámai a Tiszán – Magyar Tudomány, 48. 8. pp. 958–966.
- VASS R. 2007: Adalékok a mentett ártéri és hullámtéri feltöltődéshez a Beregi-síkon a 2001. évi tiszai árvíz tükrében – Acta geographica ac geologica et meteorologica Debrecina. Geológia, geomorfológia, természetföldrajz sorozat, 2. kötet. pp. 229–235.
- VASS R.–SZABÓ J.–TÓTH Cs. 2009: Ártéri morfológia és akkumuláció kapcsolata felső-tiszai mintaterületeken – In: KISS T. (szerk): Természetföldrajzi folyamatok és formák. Szeged, pp. 1–11.
- YANG, Y.C. 1979: Unit stream power equations for total load – Journal of Hydrology 40. pp. 123–138.

## **A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A KÖRNYEZETI VESZÉLYEKRE AZ ALFÖLDÖN**

MEZŐSI GÁBOR – BATA TEODÓRA – BLANKA VIKTÓRIA  
– LADÁNYI ZSUZSANNA

POTENTIAL IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON ENVIRONMENTAL HAZARDS  
IN THE GREAT HUNGARIAN PLAIN

### **Abstract**

Environmental hazards have posed significant damage to agricultural production in the Great Hungarian Plain in the past few years. Since climate models predict the changes of the climatic parameters and extremities for the end of the century, the frequency and the rate of environmental hazards can change. In our study the potential impacts of climate change based on ALADIN and REMO regional climate models were analyzed using indicators for drought, inland excess water, and wind erosion hazards for two investigated periods (2021–2050 and 2071–2100). The results show that drought hazard is likely to increase significantly for the end of the century according to both models, posing a significant threat to agricultural production. The increase of wind erosion hazards is not as obvious, with the changes likely to remain below  $\pm 10\%$ . In the case of inland excess water hazards the uncertainty is the highest, and the changes of the hazard is not likely to reach  $\pm 5\%$ . In the study area drought hazard is likely to pose the highest regional threat to agriculture.

**Keywords:** drought, inland excess water, wind erosion, hazard changes

### **Bevezetés**

A globális klímaváltozás és annak hatásai az utóbbi évszázadban egyre inkább nyilvánvalóvá váltak, aminek a Kárpát-medencében is jól észlelhető következményei vannak. Részben a klímaváltozás hatásaival magyarázható, hogy számos környezeti veszély – pl. aszály (FIALA K. et al. 2014), belvíz (RAKONCZAI J. et al. 2011), szélrózsió (MEZŐSI G. et al. 2013a) – okoz egyre jelentősebb társadalmi, gazdasági és környezeti problémákat. A természeti veszélyek együttesen (jég, tűz, tavaszi fagyok, aszály, belvíz, heves esőzések, szélrózsió) megközelítőleg 300 millió EUR veszteséget okoztak az elmúlt évtizedben (KEMÉNY G. et al. 2013; GAÁL N. et al. 2014; SZABÓ J. et al. 2008).

Magyarországon az aszály az egyik legjelentősebb környezeti veszély, mely átlagosan 3-5 évente alakul ki (BAKONYI P. 2010; PÁLFAI I. – HERCEG Á. 2011; BIHARI Z. 2012; GOSIC, M. – TRAJKOVIC S. 2013; WMO 2013) és az utóbbi évtizedekben mind az aszályok gyakorisága, mind azok súlyossága növekedett (FIALA K. et al. 2014). A szélsőségesen aszályos években szinte az egész ország területére kiterjedő károkat okoz a mezőgazdaságban. A 2012. évi aszály következtében pl. a kukorica terméseredménye több mint 40%-kal csökkent az ország déli részén, de néhány megyében meghaladta az 50%-ot is (SZILASSI P. et al. 2014). A belvíz szintén rendszeresen előforduló környezeti veszély, átlagosan 2-4 évente okoz károkat a mezőgazdasági területeken, leginkább az alföldi területek mélyebb fekvésű térségeit érinti (LIKENS, G. 2009; RAKONCZAI J. et al. 2011; VAN LEEUWEN, B. 2012; JULIAN, J. et al. 2013; SHI, K. et al. 2013). A belvízzel borított területek nagysága évről-évre nagymértékben ingadozik, a jelentősebb belvizes időszakok során eléri a 200-400 ezer hektárt. A szélrózsió az országban ugyancsak a jelentős gazdasági károkat okozó természeti veszélyek közé tartozik, különösen a homok területeken (LÓKI J. 2011).

LÓCZY et al. (2012) szerint a környezeti paraméterek alapján Magyarország területének 26,5%-a érintett jelentősebb szélrózsió által. A szélrózsió okozta károk egyrésztől közvetlen károk (fizikai sérülés áprilisban leginkább zöldségeken és cukorrépán), melyek kb. 15-20000 ha területet érintenek (KEMÉNY G. 2013), de a közvetett hatások ennél sokkal jelentősebbek (termésvesztés, degradálódó talajszerkezet és csökkenő termékenység, termőterület-csökkenés).

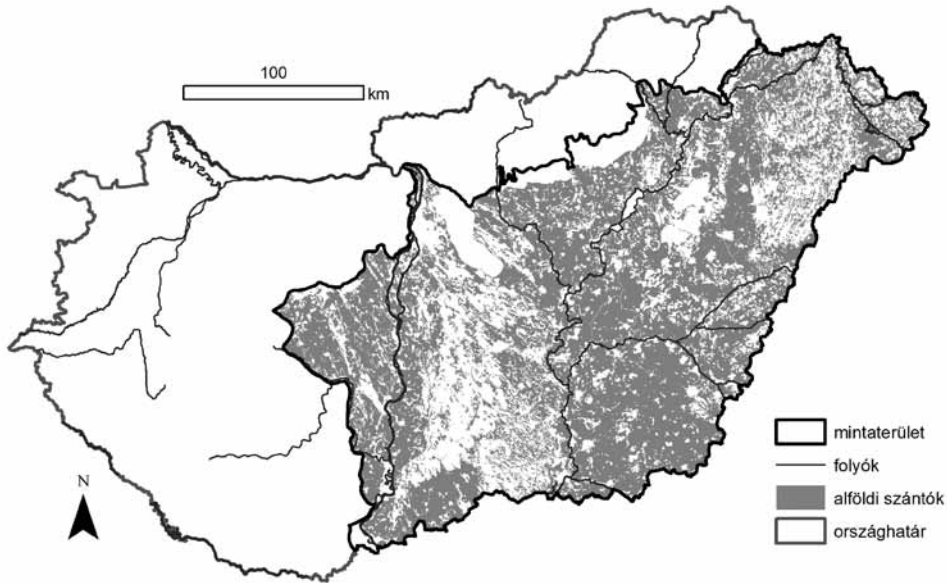
Az éghajlati paraméterek megváltozása a környezeti veszélyek mértékében jelentős változásokat okozhatnak, mivel változhatnak az ebből a szempontból kritikus időszakok kialakulásának gyakorisága, valamint ezen időszakok szélsőségesége. Modell szimulációk a hőmérséklet emelkedését és ezzel párhuzamosan a csapadékviszonyok megváltozását vetítik előre, melyek egyre gyakoribb és súlyosabb környezeti katasztrófák bekövetkezését eredményezhetik és jelentős gazdasági és környezeti károkat okozhatnak (IPCC 2014; OMSZ 2013). A regionális klímamodellek eredményei alapján a Kárpát-medencében a hőmérséklet jelentős növekedése várható (2021–2050-re +1,5°C, 2071–2100-re +3,5°C) (SZABÓ P. et al. 2011). A modell szimulációk alapján az évi a csapadékmennyiség változása nem szignifikáns, azonban az éven belüli változások jelentősek: a téli félévre 20% csapadék növekedés, míg a nyári félévre 20% csökkenés várható (BARTHOLY J. et al. 2011).

Az aszály, belvív és szélrózsió veszély mértéke a síkvidéki területeken, főként az Alföld területén a legjelentősebb, ezért vizsgálataink az Alföld területére fókuszálnak. Kutatásunk célja a környezeti veszélyek mértékében előrejelezhető változások és ezek térbeli mintázatának vizsgálata a klímaváltozás következtében az Alföld területein a 21. sz. végéig. A környezeti veszélyek változását több környezeti és társadalmi paraméter befolyásolja, melyek közül a bemutatásra kerülő elemzés a klíma szempontjából vizsgálja a változásokat. A klíma jövőbeli változásának vizsgálatához regionális klímamodellek projekcióit alkalmaztuk, melyek két 30 éves jövőbeli időszakra nyújtanak információt. A veszélyek jövőbeli változását a modellek által vizsgált időszakokra tanulmányoztuk.

### Mintaterület

A kutatás mintaterülete az Alföld, melynek több, mint 60%-a szántó művelés alatt áll (1. ábra). Az átlagos éves csapadékmennyiség 500-550 mm, a középhőmérséklet 10-11°C (PÉCZELY 1998). A havi átlagos szélsőesség tavasszal (március és április) a legnagyobb (3,5 m/s) (PÉCZELY G. 1998), mely időszakban a szélrózsió kockázata a legmagasabb. A klimatikus adottságok, a termékeny talajok, valamint az elérhető vízkészletek kedvező feltételeket biztosítanak a mezőgazdaság számára. Ezen környezeti tényezők mellett a legfontosabb természeti veszélyek a klimatikus változékonysághoz, a felszín kis mértékű változatosságához, és a tájhasználatához kötődnek, a vízháztartási szélsőségek okozzák a legtöbb problémát. Az éves csapadékösszeg szélsőségei jól mutatják annak változatosságát. A legkisebb éves csapadékmennyiséget 2000-ben regisztrálták Szegeden (203 mm), míg a legnagyobb csapadékot 2010-ben (1555 mm) Miskolc-Lillafüred-Jávorkút meteorológiai állomáson mérték. Csapadékos években a belvívelöntések, száraz években pedig az aszály és a megnövekedett szélrózsió okoz jelentős mértékű károkat mind a gazdálkodók és a természeti környezet számára. Attól függően, hogy milyen gyakoriságúak és intenzitásúak a természeti veszélyek, illetve megfigyelhető-e együttes előfordulásuk, az általuk okozott gazdasági veszteség megközelítheti a GDP 2-6%-át (BAKONYI P. 2010). A 2007-es aszály következtében például a kukorica átlagos termés mennyisége 50%-al volt kevesebb, mint a megelőző években (3,7 t/ha) (SZÉLL E. – DÉVÉNYI K. 2008). Igen komoly

aszálykárokat (15-80% termés kiesést) tapasztaltak a gazdálkodók 2003 májusában is, amikor a gabonafélék az Alföld szántóinak kimagasló hányadát tették ki (HAZAFI L. 2003). Az összes környezeti veszély által okozott agrár-gazdasági kár akár 10-15%-át is elérheti a szél által okozott veszteség a mezőgazdaságban Magyarországon (SZABÓ L. et al. 1994; LÓCZY D. et al. 2012). A belvíz átlagosan 110 000 ha-nyi területet önt el általában tavasszal az Alföldön, habár 1935-öt követően 13 évben is előfordult, amikor több, mint 200 000 ha került víz alá (VAN LEEUWEN, B. 2012).



1. ábra A mintaterület határa, valamint a vizsgált szántóterületek térbeli elhelyezkedése a Corine 2006-os felszínborítási adatbázis alapján  
 Figure 1 The investigated study area and the spatial distribution of arable lands based on Corine 2006

## Módszerek

A kutatás során a klímaváltozás környezeti veszélyekre gyakorolt hatását vizsgáltuk az Alföldön. Regionális klímamodellek által előrejelzett klímaadatok segítségével szám-szerűsítettük a régió legfontosabb környezeti veszélyeinek (aszály, szélrózsió és belvíz) jövőbeli változását. Mivel ezen veszélyek a legnagyobb károkat a mezőgazdaság számára okozzák, a vizsgálatunkban a szántó területekre fókuszáltunk.

### *A felhasznált regionális klímamodellek adatai*

A jövőbeli klímaváltozás értékeléséhez a REMO és az ALADIN regionális klímamodellek adatait használtuk. A modellek futtatását Országos Meteorológiai Szolgálat Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztálya végezte az AIB üvegházgáz-kibocsátási szcenáriót alapul véve (BARTHOLY J. et al. 2008). A klímamodell 25 km-es háló mentén szolgáltat napi hőmérséklet és csapadék adatokat két jövőbeli periódusra (2021-2050; 2071-2100), melyekből havi és éves átlagot számoltunk.



## A természeti veszélyek vizsgálata

A klímaváltozáshoz köthető legfontosabb környezeti veszélyek közé tartozik az Alföldön az aszály és a belvízveszély mértékének és gyakoriságának, a szélerózió intenzitásának, valamint az árvízveszélynek a változása (MEZŐSI G. et al. 2013b). Jelen kutatásban az első három veszély vizsgálatát tűztük ki célul.

Az aszály alapvetően egy természetes jelenség a mintaterületen, bár az emberi tevékenység (pl. nem megfelelő tájhasználat, fokozott vízkitermelés) jelentős mértékű indirekt hatásán keresztül a jelenség fokozódását eredményezheti, illetve a klímaváltozás nyomán várhatóan növekvő erősségű aszályokkal számolhatunk. Az aszályveszély jövőbeli változásának számszerűsítéséhez és értékeléséhez a Pálfa-féle aszály indexet (PaDI) használtuk (PÁLFAI I.–HERCZEG Á. 2011), mely súlyozott havi hőmérséklet és csapadék adatokat felhasználva egy számértékkel jellemzi egy mezőgazdasági év aszályerősségét:

$$PaDI = \frac{\sum_{i=Apr}^{Aug} T_i / 5 \cdot 100}{\sum_{i=Okt}^{Szept} P_i \cdot k_i}$$

ahol:  $T_i$  – havi középhőmérséklet, °C;  $P_i$  – havi csapadékösszeg, mm;  $k_i$  – súlyozó tényező.

A szélerózió veszély modellezését a legfontosabb környezeti tényezők, azaz a talaj erodálhatósága, a vegetációborítás és a szél erodáló képessége (március-április) alapján végeztük. A szélerózió becslése fuzzy módszerrel történt (MEZŐSI G. et al. 2013a). A szélerózió jövőbeli becslése a klímáparaméterek változásának vizsgálatán keresztül történt a két jövőbeli 30 éves periódusra, KLIK (2004) szélerózió egyenletének (KLIK 2004) klíma faktor (C) paramétere alapján:

$$C = \frac{386 \cdot u^3}{(PE)^2}$$

ahol:  $u$  – átlagos havi szélesebesség; PE – THORNWAITE (1948) csapadék hatékonyság index

$$PE = \frac{3,16 \cdot P_i}{(1,8 \cdot T_i + 22) \cdot \frac{10}{9}}$$

$P_i$  – havi csapadékösszeg, mm;  $T_i$  – havi középhőmérséklet, °C.

A belvíz elöntések a mintaterület szintén jelentős mértékben érintik. Számos kedvezőtlen természetes (pl. meteorológiai, hidrológiai, geomorfológiai, talajtani) és antropogén tényező (pl. agrotechnika) járulhat hozzá a jelenség kialakulásához (BOZÁN Cs. et al. 2009). A belvíz veszély jövőbeli alakulásának vizsgálatához a humiditás indexet (HUMI) használtuk, mely a novembertől áprilisig tartó időszak csapadékát és potenciális evapotranspirációját veszi figyelembe. A jövőbeli időszakokra az evapotranspiráció becsléséhez a modellezett csapadék és hőmérséklet adatokat használtuk.

$$HUMI = \left( \frac{p}{PET} \right)^{0,5}$$

ahol:  $p$  – a téli időszak (november-április) csapadékösszege, mm;  $PET$  – potenciális párolgás a téli időszakban (november-április), mm.

A három környezeti veszély jövőbeli változását az 1961-1990 időszakhoz viszonyítva értékeltük mindkét modell alapján, a becslült változások mértékét %-ban jelenítettük meg.

Az érintett területek nagyságát a teljes szántóterületek arányában határoztuk meg, és a területi kitettség értékeléséhez az adatbázist az extrém értékek kiszűrésével normalizáltuk.

## Eredmények

### *Az aszályveszély változása*

A két modell egybehangzó előrejelzései alapján a jövőben az aszályveszély növekedése várható. A változás mértéke a 2021–2050 közötti időszakokra 12–20%, majd a 2071–2100 közötti időszakokra akár 35–45% növekedés is megvalósulhat (1. táblázat).

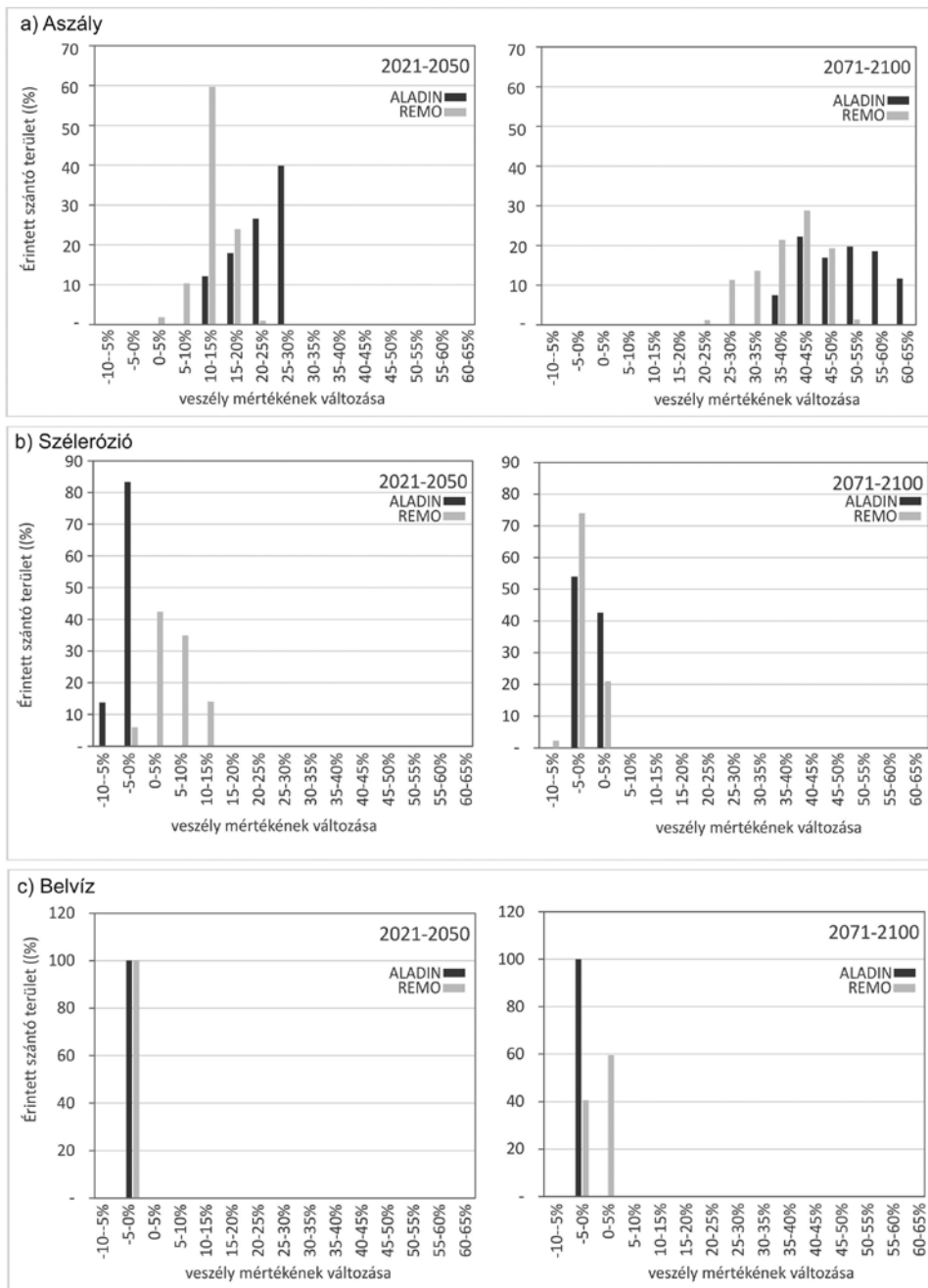
A 2021–2050 közötti időszakokra az alföldi szántók 60%-át kis mértékű (15–20%), míg megközelítőleg 25%-át nagyobb aszályveszély növekedés érinti a REMO modell alapján. Az ALADIN modell hasonló trendeket mutat erre az időszakra, viszont a növekedés mértéke nagyobb: 10–30% növekedés érinti majd szinte az összes alföldi szántóterületet. A 2071–2100 közötti időszakokra a változás mértéke igen nagy, és a változások mértéke az előző időszakhoz képest itt az ALADIN modell szerint a nagyobb. Az ALADIN eredményei szerint a változás mértéke 35–65% között mozog, míg a REMO 20–55% aszályveszély növekedést vetít előre az összes alföldi szántóterületre (2a. ábra).

### *1. táblázat – Table 1*

Az aszály, a szélerozió és a belvízveszély 1961–1990-es időszakhoz viszonyított átlagos változása az Alföld szántóira az ALADIN és REMO regionális klímamodell adatok alapján  
Changes in drought, wind erosion and inland excess water hazard on the arable lands of the Great Hungarian Plain compared to the average in the period of the 1961–1990

<b>A vizsgált veszélyek</b>	<b>A vizsgált modellek és időszakok</b>	<b>Változás (%)</b>
Aszály	ALADIN 2021–2050	19,9
	REMO 2021–2050	12,3
	ALADIN 2071–2100	45,2
	REMO 2071–2100	35,6
Szélerozió	ALADIN 2021–2050	0,1
	REMO 2021–2050	7,2
	ALADIN 2071–2100	2,5
	REMO 2071–2100	2,0
Belvíz	ALADIN 2021–2050	-0,7
	REMO 2021–2050	-1,6
	ALADIN 2071–2100	-1,6
	REMO 2071–2100	-0,1

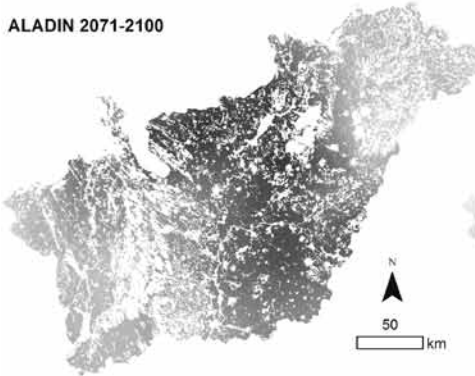
A változások térbeliségét szemlélteti a 3a. ábra a 2071–2100-as időszakban, melyen jól látszik, hogy az ALADIN által előrejelzett aszályveszély-változás nagyobb mértékű a REMO eredményeihez képest. A változások mintázata kis mértékben tér el a két modell esetében. Az ALADIN szerint a legnagyobb változások az Alföld középső részét érintik majd, míg a REMO modell ez inkább a terület keleti-délkeleti részére tevődik.



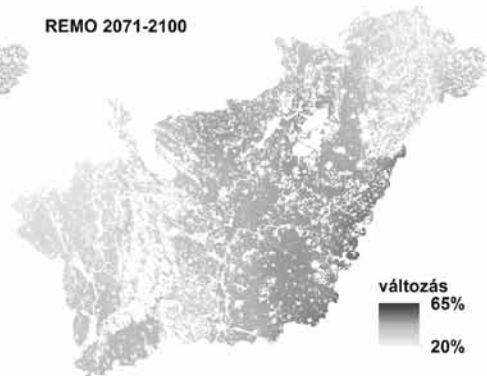
2. ábra Az aszály (A), szélerózió (B) és a belvíz (C) által érintett szántóterületek aránya (%) a teljes szántóterülethez képest 5%-os bontásban a két jövőbeli modellezett időszakban az ALADIN és a REMO modell adatai alapján  
 Figure 2 Ratio of arable lands (%) compared to their total area in 5% intervals in the two future periods based on ALADIN and REMO regional climate data

### A) Aszályveszély változása

ALADIN 2071-2100



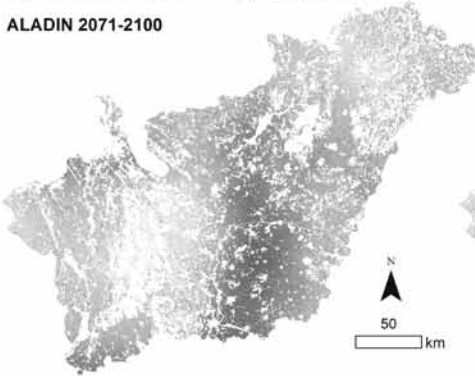
REMO 2071-2100



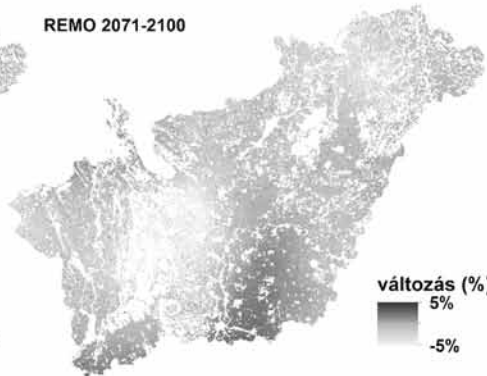
□ rét/legelő, erdő, állandó növénykultúrák, vizenyős területek, vízfelületek, mesterséges felszínek

### B) Szélerózió veszély változása

ALADIN 2071-2100



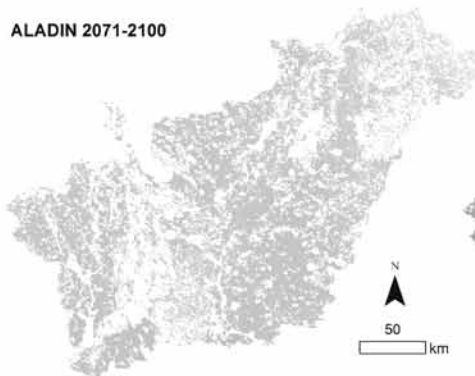
REMO 2071-2100



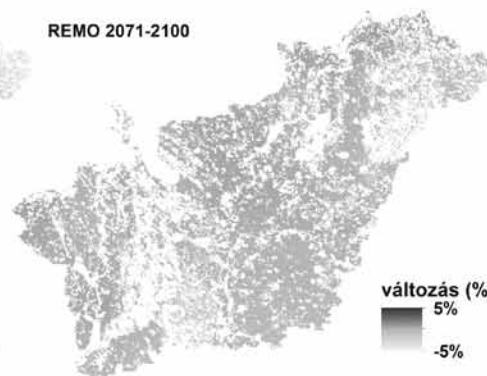
□ rét/legelő, erdő, állandó növénykultúrák, vizenyős területek, vízfelületek, mesterséges felszínek

### C) Belvízveszély változása

ALADIN 2071-2100



REMO 2071-2100



□ rét/legelő, erdő, állandó növénykultúrák, vizenyős területek, vízfelületek, mesterséges felszínek

3. ábra Az aszály, szélerózió és belvízveszély változása az alföldi szántóterületeken a referenciaperiódushoz viszonyítva (1961–1990) 2071–2100 között az ALADIN és a REMO szimulációi alapján

Figure 3 Changes in drought, wind erosion and inland excess water hazard on the arable lands of the Great Hungarian Plain compared to the reference period (1961-1990) using ALADIN and REMO simulations

### *A szélerózió veszély változása*

A szélerózió veszély változása az aszályhoz viszonyítva jóval kisebb mértékű, és a két modell különböző előrejelzései alapján nagyobb bizonytalanságot is mutat. A 2021-2050 időszakra az ALADIN nem vetít elő változást a referencia időszakhoz képest, míg a REMO eredményei alapján 7%-nyi növekedés várható. A 2071-2100 közötti időszakra a két modell egybehangzóan egy kis mértékű növekedést (2%) jelez előre a referencia időszakhoz képest.

A 2021-2050 közötti időszakra az ALADIN modell adatainak felhasználásával a szélerózió veszély változása  $-10\%$  és  $0\%$  között szór (a szántók 83%-a esetében nem vetít előre változást), a REMO esetében a változás ennél nagyobb,  $-5-15\%$  közötti értékeket mutat, a szántóknak 5%-nál nagyobb szélerózió veszély változása a terület 50%-át érinti. A két klímamodellel 2071-2100 közötti időszakra vonatkozó előrejelzései hasonlóak,  $-5\%$  és  $5\%$  között szórnak (2b. ábra).

A két klímamodellel eredményei alapján a szélerózió veszély változása hasonló térbeli mintázatot mutat a 2071-2100 időszakban. A kis mértékű modellezett változások leginkább a Tiszántúl középső és déli részét, valamint a Duna-Tisza köze északi és déli peremét érintik (3b. ábra).

### *A belvízveszély változása*

A belvíz előfordulását nagyon sok helyi tényező befolyásolja, éppen ezért a belvízveszély változásának előrejelzése sok bizonytalanságot hordoz. Az evapotranspiráció növekedése és a fagyos napok számának csökkenése a belvíz képződés csökkenése irányában hat, míg az intenzívebbé váló csapadékesemények, a nyári-tavaszi elöntések annak növekedéséhez járulhatnak hozzá (NOVÁKY B. 2011). A klímamodellek eredményei alapján számolt változás az aszály és szélerózió veszély változásához képest is kisebb ( $-1,6-0\%$ ), mely alapján a belvízveszély kis mértékű változása várható az Alföldön.

A 2021-2050 közötti időszakra a HUMÍ index értékeiben változás nem azonosítható egyik modell eredményei alapján, az adatok a teljes területen  $-1,6$  és  $0\%$  között szórnak. A 2071-2100 közötti periódusra a számított változás értékek alig haladják meg a  $\pm 1\%$ -ot mindkét modell esetében, tehát a belvízveszély jelentős változását a HUMÍ index változásai nem vetítik elő (2c. ábra). A változások térbeliségét tekintve a század végére a REMO alapján az Alföld északkeleti részén várható a veszély igen csekély mértékű növekedése (3c. ábra).

## **Diszkusszió**

Eredményeink alapján az Alföld szántóterületein a természeti veszélyek növekedése várható a vizsgált jövőbeli időszakokban. A veszélyek közül az aszály emelhető ki, mint a régió egyik legjelentősebb problémája, hiszen ez a veszély egyedül a mezőgazdasági károk 42%-át okozza (AKI 2013). A 21. század végére a REMO és ALADIN modell is az aszályveszély növekedését vetíti elő. A REMO modell alapján a 2071-2100 időszakban az alföldi szántóterületek több, mint 40%-án a jelenség fokozódására lehet számítani. Az ALADIN modellel a területi kiterjedést és a veszély mértékét tekintve is jóval nagyobb változásokat jelez. Az előrejelzések alapján az aszály a század végére a régió legjelentősebb környezeti veszélyévé válhat. Az eredményeink alapján a szélerózió veszély kis mértékű növekedésével kell szintén számolni a jövőben. A szélerózió ma sokkal kisebb területeket érint és kevésbé jelentős probléma, mint az aszály köszönhetően a jelenség lokális jellegének

és valószínűsíthetően a jövőben is kisebb jelentőségű marad. A veszély erősségét tekintve a modellek nem adtak egybehangzó eredményeket, és a változások mértéke 10% alatt maradt, tehát a jelenség szignifikáns változása nem valószínű. A klímaváltozás belvízveszélyre gyakorolt hatásának vizsgálat volt a legnehezebb az összes veszély közül, köszönhetően a jelenség komplex jellegének. A modellek alapján a belvízveszély jelentősebb mértékű változása nem várható, a jelenlegi mintázathoz hasonló kitettség várható a jövőben is. Az előrejelzés bizonytalanságát növeli, hogy a helyi tényezőknek a jelenség kialakulásában nagy szerepe van, továbbá az is, hogy a jövőre előrevetített extrém csapadékesemények hatásán túl a talajvízszint csökkenés, az éves csapadék 10-20%-os csökkenése, a növekvő téli csapadék, és a rendelkezésre álló vízkészletek csökkenése a belvízképződés szempontjából ellentétesen hatnak (NOVÁKY B. 2011). A bizonytalanság érvényes a belvíz képződésére a téli félévben is, amikor a párolgás növekedése, a fagyos napok jelentős csökkenése csökkentheti a belvizek kialakulását. Az éghajlatváltozás belvizeket, főként a tél végi, tavaszi belvizeket érő hatásai bizonytalanok, az intenzív nagycsapadékokból keletkező nyári és őszi belvizek némileg növekedhetnek (NOVÁKY B. 2011). A regionális klímamodell eredményeiben a téli csapadék előrejelzése mutatja a legnagyobb bizonytalanságot (BARTHOLY J. et al. 2011), mely nagy mértékben befolyásolja a HUMI értékeit, ezáltal a belvíz veszély változás értékelésének bizonytalanságát. A belvíz képződése azonban nem feltétlen jelent kárt, hiszen a száraz időszakban a felszíni vízkészletek visszatartásával az aszály okozta károk mérsékelhetőek.

## Összefoglalás

A 21. század során, az Alföld területén a környezeti veszélyek fokozódása várható a regionális klímamodell szimulációk (ALADIN és REMO) alapján kirajzolódó éghajlatváltozás kedvezőtlen tendenciáinak következményeként. A legfontosabb változás az aszályveszélyben várható intenzív növekedés, ami miatt az aszály lesz valószínűleg a régió legsúlyosabb környezeti veszélye. Ezzel szemben a szélerózió és a belvíz veszély jövőbeni változásában nem azonosíthatók határozott tendenciák. Azonban a vizsgált időszakokra meghatározott 30 éves átlag értékek az egyes veszélyek évek között nagymértékű ingadozásokat fedhetnek el. A klímamodellek adatai alapján az éghajlati szélsőségek fokozódnak (BARTHOLY J. et al. 2011), így az egyes években a belvíz vagy a szélerózió következményei a jelenleginél lényegesen súlyosabbak is lehetnek.

A vizsgálat eredményeinek értékelése és további felhasználása során figyelembe kell venni, hogy több bizonytalansági tényezővel is számolni kell. A bizonytalanság egyrészt a klímamodell szimulációk eredményeinek bizonytalanságaiból ered, melynek legfontosabb összetevői az éghajlati rendszer szabad belső változékonysága, az emberi tevékenység, a parametrizációkon keresztül megjelenő bizonytalanságok, valamint a nagyskálájú információk leírása (SZÉPSZÓ G. 2013). További bizonytalansági tényező, hogy a felhasznált adatok léptéke nem teszi lehetővé a lokális klímára hatással levő kisléptékű környezeti paraméterek figyelembe vételét, így az eredmények is csak regionális léptékű információt adnak, amelyre a felhasználás során tekintettel kell lenni.

---

MEZÓSI GÁBOR

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
mezosi@geo.u-szeged.hu

BATA TEODÓRA  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
bteodora@geo.u-szeged.hu

BLANKA VIKTÓRIA  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
blankav@geo.u-szeged.hu

LADÁNYI ZSUZSANNA  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
ladanyi@geo.u-szeged.hu

#### IRODALOM

- AKI 2013: Agrárgazdasági Kutató Intézet. <https://www.aki.gov.hu>
- BAKONYI P. 2010: Flood and drought strategy of the Tisza River Basin. VITUKI, Budapest.  
<http://www.icpdr.org/main/resources/flood-and-drought-mitigation-strategy-tisza-river-basin>.
- BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R.–GELYBÓ G.–SZABÓ P. 2008: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using the PRUDENCE results. – *Időjárás Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* 112. 3–4. pp. 249–264.
- BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R.–PIECZKA I.–TORMA C.S. 2011: Dynamical downscaling of projected 21<sup>st</sup> century climate for the Carpathian Basin. – In BLANCO J.–KHERADMAND H.: *Climate change – Research and technology for adaptation and mitigation*, Rijeka. InTech. pp. 3–22.
- BIHARI Z. (szerk) 2012: *Drought Management Centre for South-East Europe*. Budapest: OMSZ.  
[http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE\\_final\\_publication.pdf](http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE_final_publication.pdf)
- BOZÁN Cs.–KÖRÖSPARTI J.–PÁZSTOR L.–KUTI L.–KOZÁK P.–PÁLFAI I. 2009: GIS-based mapping of excess water inundation hazard in Csongrád County (Hungary). – In *Proceedings of the international symposia on risk factors for environment and food safety & natural resources and sustainable development*, Faculty of Environmental Protection, Oradea. pp. 678–684.
- FIALA K.–BLANKA V.–LADÁNYI Zs.–SZILASSI P.–BENYHE B.–DOLINI D.–PÁLFAI I. 2014: Drought severity and its effect on agricultural production in the Hungarian-Serbian cross-border area. *Journal of Environmental Geography* 7. 3–4. pp. 43–51.
- HAZAFI L. 2003: Aszálykár 1,5 millió hektáron. *Világgazdaság*  
<http://www.vg.hu/gazdasag/aszalykar-15-millio-hektaron-35006>
- OMSZ 2013: Országos Meteorológiai Szolgálat. <http://www.met.hu/>
- GOSIC M.–TRAJKOVIC S. 2013: Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010. – *Journal of Hydrology* 494. pp. 32–42.
- GAÁL M.–QUIROGA, S.–FERNANDEZ-HADDAD, Z. 2014: Potential impacts of climate change on agricultural land use suitability of the Hungarian counties. – *Regional Environmental Change* 14, pp. 597–610.
- IPCC 2014: *Climate Change (2014) Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Geneva, Switzerland, 151 p.
- JULIAN J.P.–DAVIES-COLLEY R.J.–GALLEGOS C.L.–TRAN T.V. 2013: Optical water quality of inland waters: A landscape perspective. – *Annals of the Association of American Geographers* 103. 2. pp. 309–318.
- KEMÉNY G.–VARGA T.–FOGARASI J.–NEMES A. 2013: The effects of weather risks on micro-regional agricultural insurance premiums in Hungary. – *Studies in Agricultural Economics* 115. pp. 8–15.
- KLIK, A. 2004: Wind erosion assessment in Austria using wind erosion equation and GIS. In FRANCAVIGLIA R. (ed): *Agricultural impacts on soil erosion and soil biodiversity: Developing indicators for policy analysis*, Proceedings from an OECD expert meeting, Rome, pp. 145–154.
- LIKENS, G.E. (ed.) 2009: *Encyclopedia of inland waters*. Oxford: Elsevier/Academic Press.
- LÓCZY D.–KERTÉSZ Á.–LÓKI J.–KISS T.–RÓZSA P.–SIPOS G.–SÜTŐ L.–SZABÓ J.–VERESS M. 2012: Recent landform evolution in Hungary. In D. LÓCZY–M. STANKOVIANSKY–A. KOTARBA (ed.): *Recent landform evolution*. New York: Springer. pp. 205–247.
- LÓKI J. 2011: Research of the land forming activity of wind and protection against wind erosion in Hungary. – *Riscuri Si Catastrofe* 9. 1. pp. 83–97.
- MEZŐSI G.–BLANKA V.–BATA T.–KOVÁCS F.–MEYER B. 2013A: Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary. – *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussion* 1. pp. 4713–4750.
- MEZŐSI G.–MEYER B.C.–LOIBL W.–AUBRECHT C.–CSORBA P.–BATA T. 2013B: Assessment of regional climate change impacts on Hungarian landscapes. *Regional Environmental Change* 13. 4. pp. 797–811.

- NOVÁKY B. 2011: Az éghajlatváltozás és hatásai. – In SOMLYÓDY L. (szerk) Magyarország vízgazdálkodása: Helyzetkép és stratégiai feladatok. Budapest: MTA, pp. 85–102.
- PÁLFAI I.–HERCEG Á. 2011: Droughtness of Hungary and Balkan Peninsula. *Riscuri si Catastrofe* 9. 2. pp. 145–154.
- PÉCZELY G. 1998: Éghajlatlan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- RAKONCZAI J.–FARSANG A.–MEZŐSI G.–GÁL N. 2011: The conceptual background of the formation of inland excess water. – *Földrajzi Közlemények* 135. 4. pp. 339–349.
- SHI, K.–LU, H.–LI, L. 2013: Absorption characteristics of optically complex inland waters: Implications for water optical classification. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118. 2. pp. 860–874.
- SZABÓ L.–KARÁCSONY J.–SZÉKELY Z.S. 1994: Wind erosion problems in Hungary. *Agrochemistry and Soil Science* 43. 1–2. pp. 109–112.
- SZABÓ J.–LÓKI J.–TÓTH C.–SZABÓ G. 2008: Natural hazards in Hungary. – In: KERTÉSZ Á.–KOVÁCS Z. (ed): *Dimensions and trends in Hungarian Geography*, MTA, Budapest, pp. 55–68.
- SZABÓ P.–HORÁNYI A.–KRÜZSELYI I.–SZÉPSZÓ G. 2011: Az Országos Meteorológiai Szolgálat regionális klímamodelllezési tevékenysége: ALADIN-Climate és REMO. 36. Meteorológiai Tudományos Napok, beszámoló kötet, 88–101.
- SZÉLL E.–DÉVÉNYI K. 2008. Termésátlag, 2007 Okok és tanulságok a kukoricatermesztésben. *Agro Napló* 12. 1. pp. 1–7.
- SZÉPSZÓ G. 2013. Klímamodellzés. – In GYÖNGYÖSI A. Z.–WEIDINGER T. *Alkalmazott számszerű előrejelzés, numerikus időjárási és csatolt modellek a gyakorlatban*. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Bp.
- SZILASSI P.–FIALA K.–LADÁNYI ZS.–BLANKA V. 2014: A vízhiány hatása a mezőgazdasági termelésre. In: BLANKA V.–LADÁNYI ZS. (szerk): *Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban*. Szegedi Tudományegyetem, Szeged, pp. 97–102.
- THORNTHWAITE, C.W. 1948: An approach toward a rational classification of climate. – *Geographical Review* 38. 1. pp. 55–94.
- VAN LEEUWEN, B. 2012: Artificial neural networks and geographic information systems for inland excess water classification. PhD disszertáció, Szegedi Tudományegyetem.
- WMO (World Meteorological Organization) – UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification) – FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) – UNW-DPC (UN-Water Decade Programme on Capacity Development) 2013: Country report: Drought conditions and management strategies in Serbia. Initiative of “Capacity development to support national drought management policy”. [http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/548/mod\\_page/content/65/Serbia\\_CountryReport.pdf](http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/548/mod_page/content/65/Serbia_CountryReport.pdf).



## **HOSSZÚTÁVÚ FELSZÍNBORÍTÁS-VÁLTOZÁSOK VIZSGÁLATA CSONGRÁD MEGYÉBEN IDÓSOROS ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL, RANDOM FOREST MÓDSZERREL**

LISKA CSILLA MARIANN – MUCSI LÁSZLÓ – HENITS LÁSZLÓ

ESTIMATION OF LONG-TERM LAND COVER CHANGES IN CSONGRAD COUNTY  
USING TIME SERIES DATA AND RANDOM FOREST CLASSIFIER

### **Abstract**

Mapping urban expansion and impervious surface change are more and more important in geographical research. Increasing impervious surface area has a negative impact on population health and environmental conditions. Freely available Landsat images make it possible to produce land-cover maps at regional or country level from 1984 to 2016 and derive changes between two or more dates. In this study, we used a random forest method to map impervious surfaces and their change between 1986 to 2015 for Csongrád county, Hungary. Ten Landsat images acquired in 1986 and fourteen images acquired in 2015 were used for the classification procedure. The overall accuracy of classification for 1986 and 2015 were, respectively 90.9 and 91.6%. Change information was derived using post-classification comparison between 1986 and 2015. We successfully mapped typical land-cover changes related to impervious surfaces like highways, as well as commercial and industrial building constructions.

**Keywords:** Landsat, land-cover, change detection, random forest, time series

### **Bevezetés**

A Föld lakosságának több mint a fele városokban él, Magyarországon ez a szám 2016-ban már 70% fölötti (UN 2014). A városok a földfelszín kevesebb, mint 10%-át borítják, mégis rendkívül intenzív a területükön a környezet terhelése. A településen belüli térbeli folyamatok egyik legfontosabb mutatója a felszínborítás és a városi területhasználat mértéke és annak változása. A felszínborítás változása dinamikus, de nem egyenletes, hiszen természeti, társadalmi és gazdasági folyamatok akár térben és időben eltérő módon befolyásolják a beépítettség változását. Az antropogén hatás miatt napjainkra a felszínborítás elvesztette korábbi jellegét, csak a mintázat alapegységein, a kistájakon, tájfoltokon belül tekinthető folytonosnak egyes tájalkotó tényezőknek a térbeli változékonysága. A diszkrét határokkal rendelkező foltok térbeli paramétereit (pl. terület, kerület, alaki indexek stb.) a tájmetriai elemzések (MEZŐSI G. – FEJES T. 2004) során vizsgálják a kutatók, hiszen ezek a táj állapotának, ökológiai stabilitásának indikátorai.

A mesterséges felületek nem csak a települések belterületén jelentek meg. Az út- és vasúthálózat biztosítja a települések közötti szárazföldi kapcsolatot, zöldmezős beruházások révén jelentős területeket borítanak víz át nem eresztő anyagok. A hálózati és lokális létesítmények tovább szabdalják a tájat (BATA T. – MEZŐSI G. 2013).

A felszín borító mesterséges felületek rendkívül nagy változatossággal jelennek meg, bár egyik alapvető funkciójuk, a felületükre érkező csapadékvizek elvezetése közös. Kis területen belül, egymás mellett is nagyon eltérő anyagokat használnak a felszín fedésére, emiatt térképezésük is összetett adatgyűjtési és feldolgozási módszereken alapulhat. A mesterséges felszínnek környezeti hatásait a városökológiai vizsgálatok részletesen elemezték már (MUCSI L. et al. 2007), de a felszínborítás folyamatos térképezése csak a nagy térbeli felbontású távérzékeléses szenzorok megjelenésével vált lehetségessé (ZHU, Z. – WOODCOCK,

C. E. 2014). A határokkal rendelkező, diszkrét, foltszerű felszínfedés térben folytonos, bolygatás nélküli mérésére egyedül ezek a módszerek alkalmasak. A pásztázó képkalkoló rendszerek a felszín adott területegysége által visszavert vagy kisugárzott energiát egy vagy több sávban detektálják. A felszínborító anyagok térbeli kiterjedése megadja a reflektancia térbeli léptékét (spatial scale of reflectance) és ennek ismeretében lehet a megfelelő térbeli felbontású szenzort kiválasztani a vizsgálathoz (SMALL, C. 2003). Amennyiben a térbeli felbontás nagyobb, mint a reflektancia térbeli léptéke, úgy sok homogén képelem jön létre és a mérési eredmények alapján ezek a felszínborító anyagok azonosíthatók (STRAHLER, A. H. et al. 1986). Ekkor is keletkeznek azonban ún. spektrálisan vegyes képelemek, melyek olyan területeket reprezentálnak, melyeken több, eltérő reflektanciájú anyagot találunk. A spektrálisan vegyes képelemeken belüli felszínborítási arányok meghatározására a spektrális szétválasztás (spectral unmixing) különböző módszereit (SMA – SMALL, C. 2001; NSMA – WU, C. 2004) fejlesztették ki az elmúlt években a hagyományos, pixelalapú osztályozási módszerek (pl. Minimum Distance, Maximum likelihood) hiányosságait kiküszöbölendő.

A spektrálisan vegyes képelemek megjelenése mellett a felszínborítás szezonális változásai is nehezítik a képfeldolgozás folyamatát. A mesterséges felületek kiterjedését viszonylag könnyen meghatározhatjuk olyan időszakokban, amikor nincs levél a növényeken, viszont nyáron a városi fák lomboronája kitakarja az alattuk lévő mesterséges felületeket. Számos módszer használ több, különböző időpontban készült felvételt a mesterséges felszín és a nyílt talajfelszín elkülönítéséhez (YUAN, F. et al. 2005; HENITS L. et al. 2016). Emiatt adatfúziót (több különböző típusú adat integrálása) vagy idősoros (éven belüli) adatokra épülő adatbázis építését érdemes elvégezni. Több kutató is sikeresen igazolta az idősoros vizsgálatok jelentőségét a városok növekedésének vizsgálatában és a mesterséges felszín térképezésében (SCHNEIDER, A. 2012; ZHANG, L. – WENG, Q. 2016).

A hagyományos, közepes felbontású optikai rendszerekkel (pl. Landsat, SPOT) nagy területek (országos) felhőmentes lefedése viszonylag ritkán biztosított, de ezen rendszerek több évtizedes működése alatt szerencsére akadtak olyan évek, amelyekben ilyen felvételsorozatok készültek. A közepes felbontású műholdfelvételek idősoros adatainak feldolgozása robusztus módszereket igényel, melyek csak nagy számítási kapacitású gépeken, erre a célra kifejlesztett szoftverekkel valósíthatók meg.

Kutatásunk során a felszínborítás változását, különös tekintettel a mesterséges felületekre, kívántuk vizsgálni éven belüli, közepes felbontású Landsat űrfelvételek sávonkénti képei, és ezekből levezetett derivátumok (NDVI, Tasseled Cap) alapján robusztus képfeldolgozási módszerekkel.

## Felhasznált adatok

A kutatás során Landsat-5, Landsat-7 és Landsat-8 felvételeket használtunk, amelyek az Amerikai Egyesült Államok Geológiai Szolgálatának (USGS) adatbázisából ingyenesen letölthetőek (<http://glovis.usgs.gov>). A felhasznált felvételek kora tavasztól késő őszig terjedő időszakban készültek, ezekben az időpontokban a vegetáció a fenológiai változása alapján jól elkülöníthető a mesterséges felszínektől. A képek kiválasztása során irányadó volt, hogy a felhőborítottság mértéke alacsonyabb legyen 50%-nál.

A követelményeknek az 1986-os évben 10 db Landsat-5 TM felvétel, míg a 2015-ös évben 8 db Landsat-8 OLI és 6 db Landsat-7 ETM+ felvétel felelt meg (*1. táblázat*). Az SLC hiba miatt adathiányos Landsat 7-es képeket is felhasználtuk a vizsgálathoz, mivel felhőmentes felvétel esetén a pixelek 78%-ára radiometriailag és geometriailag pontos adat

áll rendelkezésre ([http://landsat.usgs.gov/products\\_slcOFFbackground.php](http://landsat.usgs.gov/products_slcOFFbackground.php)). A Landsat-5 és a Landsat-7 felvételek esetén két kép mozaikolásával készült el a Csongrád megyei fedés, a 187/027 (sor/oszlop) és a 187/028 (sor/oszlop) csempék felhasználásával. A műholdképek Universal Transverse Mercator (UTM WGS84 N34) vetületben érhetők el. Az intenzitásértékből modellezett felszíni reflektanciaértékeket és az automatikusan generált NDVI értékeket az Earth Resource Observation and Science (EROS) Center Processing Architecture (ESPA) (<http://espa.cr.usgs.gov>) rendszerében rendeltük meg és töltöttük le.

*1. táblázat – Table 1*

A felhasznált Landsat űrfelvételek és azokból levezetett mutatók  
Overview of the Landsat images and the derivations used in this study

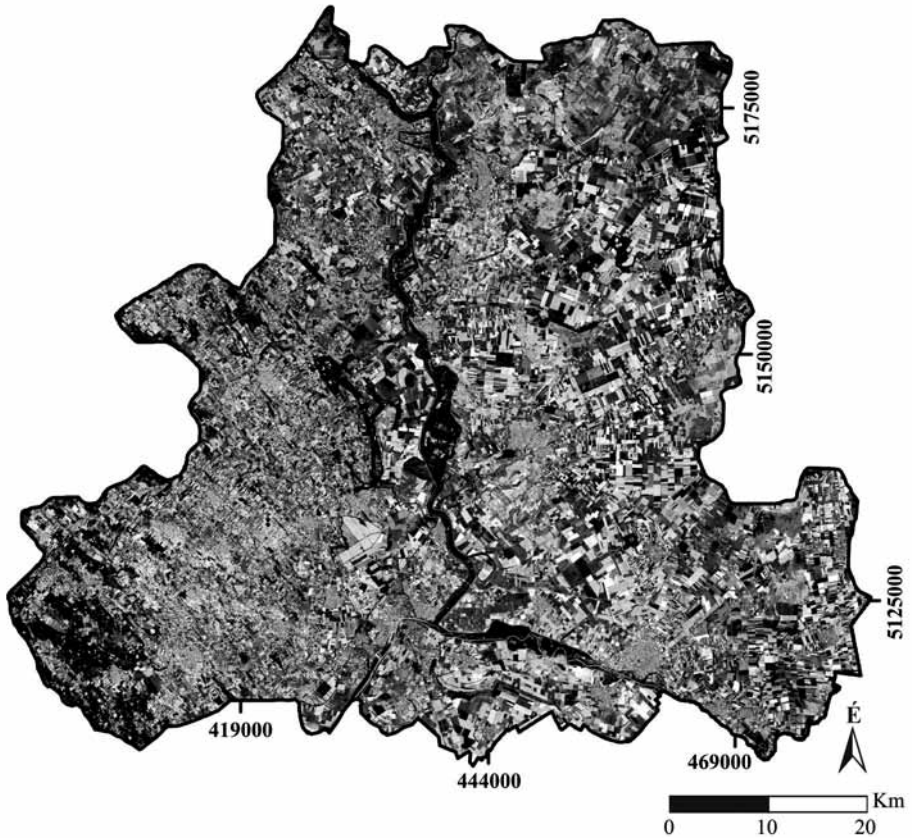
<b>Év</b>	<b>Felvételezés ideje</b>	<b>Szenzor</b>	<b>Felhasznált sávok</b>	<b>Adat-hiányok</b>
1986	1986.04.16	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
1986	1986.05.02	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
1986	1986.06.03	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
1986	1986.06.19	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
1986	1986.07.05	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
1986	1986.08.06	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
1986	1986.08.22	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
1986	1986.09.07	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
1986	1986.09.23	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
1986	1986.10.25	TM	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
2015	2015.03.07	ETM+	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	SLC-off
2015	2015.04.16	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
2015	2015.05.18	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
2015	2015.06.03	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
2015	2015.06.11	ETM+	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	SLC-off
2015	2015.07.05	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
2015	2015.07.21	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
2015	2015.07.29	ETM+	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	SLC-off
2015	2015.08.06	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
2015	2015.08.14	ETM+	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	SLC-off
2015	2015.08.30	ETM+	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	SLC-off
2015	2015.09.07	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	felhős
2015	2015.09.23	OLI	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	–
2015	2015.10.01	ETM+	Felszíni reflektancia (6 sáv), NDVI (1), TassaledCap (3)	SLC-off

A pontosságbecsléshez az 1990-es és a 2012-es CORINE felszínborítás adatbázisokat használtuk. A CORINE program célja, hogy az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) országainak területére 1 : 100 000-es méretarányban összehasonlítható, konzisztens felszínborítási információ álljon elő (MARI L.–MATTYÁNYI ZS. 2002). Háromszintű nomenklatúrája 5 kategóriát különít el (mesterséges felszínnek, mezőgazdasági területek,

erdők és természetközeli területek, vizenyős területek és vízfelületek), amelyekben összesen 44 felszínborítási osztályt határoz meg (BÜTTNER G. et al. 2004).

### A vizsgált terület

Csongrád megye Magyarország délkeleti részén, a Dél-Alföldi régióban található. Közigazgatási területe 4262,7 km<sup>2</sup>, a lakossága 417456 fő (KSH, 2011) (1. ábra). A megyében viszonylag kevés település található, 60 településből 10 város, amelyben a lakosság 75%-a lakik (KSH, 2013). A 2012-es CORINE felszínborítási adatbázis alapján a terület 4,9%-a mesterséges felszín, 80,8%-a mezőgazdasági terület, 12,1%-a erdő és természetközeli terület, 0,5%-a vizenyős terület és 1,7%-a vízfelület.



1. ábra Csongrád megye kivágata egy Landsat űrfelvételén  
Figure 1 The subset of Csongrad county in a Landsat image

Csongrád megye tájszerkezetét három középtáj határozza meg: a Duna-Tisza közti síkvidék, az Alsó-Tiszavidék és a Körös-Maros köze. A tájalkotó tényezők eltérő komplex táji feltételrendszert biztosítanak a mezőgazdálkodásnak, a vízgazdálkodásnak, a természetvédelemnek és a településrendszer alakulásának.

A 2006-os CORINE adatok alapján Csongrád megyében 300-350 ezer ha terület állt művelés alatt, melynek 79%-át teszik ki a szántóföldek. A Körös-Maros közti tanyás tájon a növénytermesztés az uralkodó (94%) köszönhetően a kiváló termékenységű csernozjomoknak. Az összefüggő szántókat alig-alig szakítják meg szőlőterületek és gyümölcsösök. A megye tisztántúli részén a rendszerváltás után, a szövetkezetek és az állami gazdaságok felbomlása után, a kárpótlási folyamatban jelentősen felaprózták a birtoktestek, de a művelési mód nem változott jelentős mértékben.

Az ártéri természetközeli tájra a védelemmel összefüggő területhasználatok magas aránya a jellemző (erdők, természetközeli területek – 43%, vízfelületek – 13%) és alacsony a beépített területek aránya, mely nem éri el az 1000 ha-t. Ehhez hasonló az elszórtan elhelyezkedő pusztai természetközeli táj szerkezete, azzal a különbséggel, hogy itt a vízfelületeket a megye legnagyobb tavai alkotják (Sándorfalvi-halastavak, Csaj-tó), és az ártérihez képest fele akkora a beépített területeken belül a sport és szabadidő terület részaránya.

A legváltozatosabb képet a Homokhátsági tanyás táj mutatja, mert bár a szántóknak van túlsúlya, de a mozaikosságot, változatosságot a komplex művelési szerkezetű területek alkotják. A Homokhátságban található a megye nagyobb, összefüggő gyümölcsösei és szőlőtermő területei is (Csongrád megye területfejlesztési koncepciója, 2012).

## Módszerek

A tanulmányban az 1986-os és 2015-ös évekre függetlenül állítottunk elő felszínborítás térképeket. Az adott évből rendelkezésre álló Landsat űrfelvételek (felhőborítottság < 50%) spektrális sávjait (6 sáv), és az ezekből levezetett NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) értékeket és Tasseled Cap komponenseket használtuk fel az osztályozáshoz. Az NDVI az egyik leggyakrabban használt vegetációs index a távérzékeléses vizsgálatokban (JENSEN, J. R. 2005), amely az alábbi képlet segítségével adható meg:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}}$$

ahol  $\rho_{NIR}$  a pixel reflektancia értéke a közeli infravörös sávban, és  $\rho_{Red}$  a pixel reflektancia értéke a vörös sávban. A pixelek  $-1$  és  $+1$  közötti értéket vesznek fel, a magasabb értékek dúsabb, egészségesebb vegetációt jelölnek. A Tasseled Cap egy transzformációs eljárás, amely három vegetációval kapcsolatos adatstruktúra tengelyt határoz meg. A fényességi index (brightness) a talaj reflektancia változását, a zöld index (greenness) a zöldfelületek jelenlétét, a nedvességi index (wetness) pedig a lombkorona és talaj nedvességtartalmát mutatja (KAUTH, R. J.–THOMAS, G. S. 1976).

Az űrfelvételen található felhőket és a felhőárnyékokat az ESPA által szolgáltatott CFmask algoritmus segítségével maszkoltuk (ZHU, Z.–WOODCOCK, C. E. 2012). Kilenc felszínborítási kategóriát térképeztünk (mesterséges felszínnek, szántóföldek, gyepek, lombhullató-, tűlevelű erdők, vizenyős területek, vízfelületek és talajok), és ezekhez az űrfelvételekről gyűjtöttünk tanulóterületeket. Olyan mintákat választottunk, amelyekre mindkét évben ugyanaz a felszínborítási típus volt jellemző. A területeket nagyfelbontású ortofotók és Google Earth felvételek segítségével jelöltük ki.

Az adott évből rendelkezésre álló Landsat űrfelvételek spektrális sávjait, az NDVI képeket és az első három Tasseled Cap sávot (Brightness, Greenness, Wetness) fűztük össze egy többsávos képpé. Az így létrejövő idősoros adatot használtuk fel bemenő adatként az osztályozáshoz. A tanulmányban a véletlen erdő (random forest) osztályozási módszert alkalmaztunk, mivel hatékonyan képes kezelni a nagy dimenzionalitású és multikollineáris

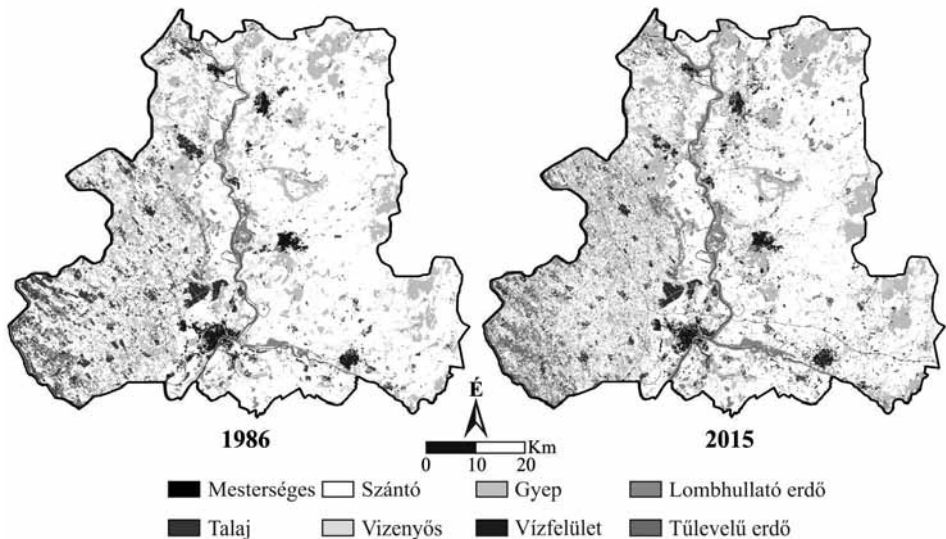
adatokat, valamint kevésbé érzékeny a tanulóterületek minőségére (BELGIU, M. – DRAGUT, L. 2016). A felszínborítás osztályozásában egyre nagyobb szerepet kapnak a különböző forrásból származó és különböző típusú földrajzi adatok felhasználásai. Azonban ezeket az együttes adatokat nem képesek kezelni a hagyományos parametrikus osztályozási módszerek (GISLASON, P. O. et al. 2006). A felszínborítási osztályok pontos elkülönítéséhez nem elegendő egyedi űrfelvételeket használni, ezért olyan módszert kellett választanunk, amely robosztus módon képes kezelni a különböző forrásból származó többsávos képeket és azok derivátumait. A véletlen erdő egy együttes osztályozó, amely döntési fák halmozát használja. A döntési fa hierarchikus osztályozási módszer, amely az adatokat rekurzív módszerrel homogénebb részhalmazokra bontja szét, és sorolja az elemeket valamelyik osztályba (JIANG, L. et al. 2010). Két paramétert kell megadni a véletlen erdő osztályozáshoz: (1) a létrehozandó fák számát (N) és a választott attribútumok számát (M), amelyeket az egyes csomópontok kialakításához használ. Az N db létrehozott döntési fa mindegyike lead egy szavazatot, és végeredménynek a leggyakoribbat fogjuk kapni. (BREIMAN, L. 2001). A tanulmányban az 1986-os év esetén 500 fát és 7 attribútumot választottunk, a 2015-ös év képeire pedig 500 fát és 8 attribútumot.

## Eredmények

### A felszínborítási térképek

Az osztályozás eredményeként az 1986-os és a 2015-ös évre egy-egy 8 osztályt tartalmazó tematikus réteget kaptunk. A kisméretű, elszórt foltokat utófeldolgozási műveletek segítségével távolítottuk el, eredményeként a településeken a minimum térképezési egység 0,25 ha, a külterületeken 1 ha lett. A véletlen erdő osztályozás eredményeit a 2. ábra szemlélteti.

A felszínborítási térképek pontosságvizsgálatát az 1990-es és 2012-es CORINE adatok alapján végeztük el. Mivel nomenklatúrájukban részletesebbek és vegyesen tartalmaznak



2. ábra A felszínborítási térképek az 1986-os és 2015-ös évekre  
Figure 2 Land-cover maps for 1986 and 2015

felszínborítás és területhasználat kategóriákat, ezért az osztályokat az eredménytérképünknek megfelelően kellett átkódolnunk, valamint a vegyes kategóriákat új osztályként kellett kezelnünk (CLC242, 243 és 313). Az ellenőrzéshez 300 pontot és kiegyenlített random módszert használtunk. Minden egyes osztályba minimum 25 pontot helyeztünk el a validációhoz. A pontosságvizsgálat eredményét hibamátrixban jelenítettük meg, amely megfelelően jellemzi a térkép pontosságát, mivel meghatározza az egyes osztályok hozzávett (commission) és kihagyott (omission) hibáit (CONGALTON, R. G. 1991). A mátrixok segítségével meghatároztuk a tematikus rétegeink teljes pontosságát, valamint a felhasználói (user's accuracy) és az előállítói (producer's accuracy) pontosságot.

2. táblázat – Table 2

Az 1986-os felszínborítás térkép hibamátrixa 1-mesterséges felszín, 2-szántó, 3-gyep, 4-lombhullató erdő, 5-tülevelű erdő, 6-vizenyős, 7-vízfelületek  
Error matrix for the 1986 classification. 1-artificial surfaces, 2-arable land, 3-grassland, 4-deciduous forest, 5-coniferous forest, 6-wetland, 7-water

Osztály/ Referencia	1	2	3	4	5	6	7	Osztály össze- sen	Felhasz- nálói pon- tosság
1	22	1	0	1	1	0	0	<b>25</b>	88,0%
2	2	113	5	1	1	0	0	<b>122</b>	92,6%
3	0	5	40	0	0	0	0	<b>45</b>	88,9%
4	0	0	1	30	0	0	0	<b>31</b>	96,8%
5	0	0	0	0	23	0	0	<b>23</b>	100,0%
6	1	4	2	1	0	16	1	<b>25</b>	64,0%
7	0	0	0	0	0	0	27	<b>27</b>	100,0%
Referencia összesen	<b>25</b>	<b>123</b>	<b>48</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>298</b>	Teljes pon- tosság
Előállítói pontosság	88,0%	91,9%	83,3%	90,9%	92,0%	100,0%	96,4%		90,9%

A teljes pontosság értéke az 1986-os időpontra 90,9%, a 2015-re 91,6% lett (2. táblázat, 3. táblázat). A vizsgálat szempontjából fontos mesterséges felszínek mindkét évre 80% feletti pontossággal rendelkeznek. Általánosságban megállapítható, hogy a szántóföldek, a lombos és tülevelű erdők valamint a vízfelületek magas, 85%-ot meghaladó felhasználói és előállítói pontossággal rendelkeznek. A szántóföldek és a gyepek közötti keveredés miatt 1986-ban a gyepek előállítói pontossága 83,3%, míg 2015-ben a felhasználói pontosságuk 80,4%. A vizenyős területek rendelkeznek alacsonyabb felhasználói pontossággal, mivel jelentős a túlbecslésük a belvizes és elöntött területek miatt. 1986-ban 64%, 2015-ben 79,2% volt ez az érték.

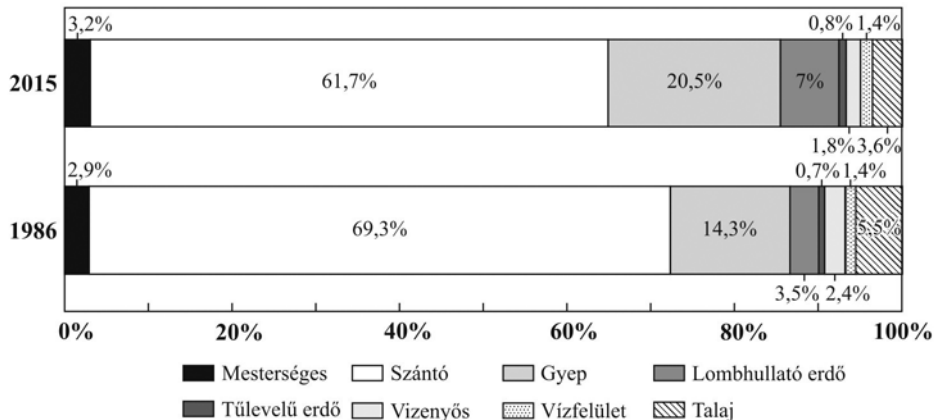
#### A felszínborítási típusok aránya 1986-ra és 2015-re

A különböző felszínborítási típusok aránya 1986 és 2015 között nagymértékben megváltozott Csongrád megyén belül (3. ábra). A tanulmányban kiemelten vizsgált mesterséges felszínek aránya 2,9%-ról 3,2%-ra nőtt. Bár százalékos értékében nem tűnik olyan nagymértékűnek, azonban a mesterséges felületek növekedésének hatása a legnagyobb

3. táblázat – Table 3

A 2015-ös felszínborítás térkép hibamátrixa 1-mesterséges felszín, 2-szántó, 3-gyep, 4-lombhullató erdő, 5-tülevelű erdő, 6-vizenyős, 7-vízfelületek  
 Error matrix for the 2015 classification 1-artificial surfaces, 2-arable land, 3-grassland, 4-deciduous forest, 5-coniferous forest, 6-wetland, 7-water

Osztály/ Referencia	1	2	3	4	5	6	7	Osztály össze- sen	Felhasz- nálói pontosság
1	20	4	0	0	0	0	1	<b>25</b>	80,0%
2	1	108	0	0	0	0	1	<b>110</b>	98,2%
3	1	10	45	0	0	0	0	<b>56</b>	80,4%
4	0	0	0	29	1	0	1	<b>31</b>	93,5%
5	0	0	0	0	25	0	0	<b>25</b>	100,0%
6	0	2	1	0	0	19	2	<b>24</b>	79,2%
7	0	0	0	0	0	0	27	<b>27</b>	100,0%
Referencia összesen	<b>22</b>	<b>124</b>	<b>46</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>32</b>	<b>298</b>	
Előállítói pontosság	90,9%	87,1%	97,8%	100,0%	96,2%	100,0%	84,4%		91,6%



3. ábra A különböző felszínborítási típusok aránya 1986-ban és 2015-ben  
 Figure 3 The proportion of land cover classes in 1986 and 2015

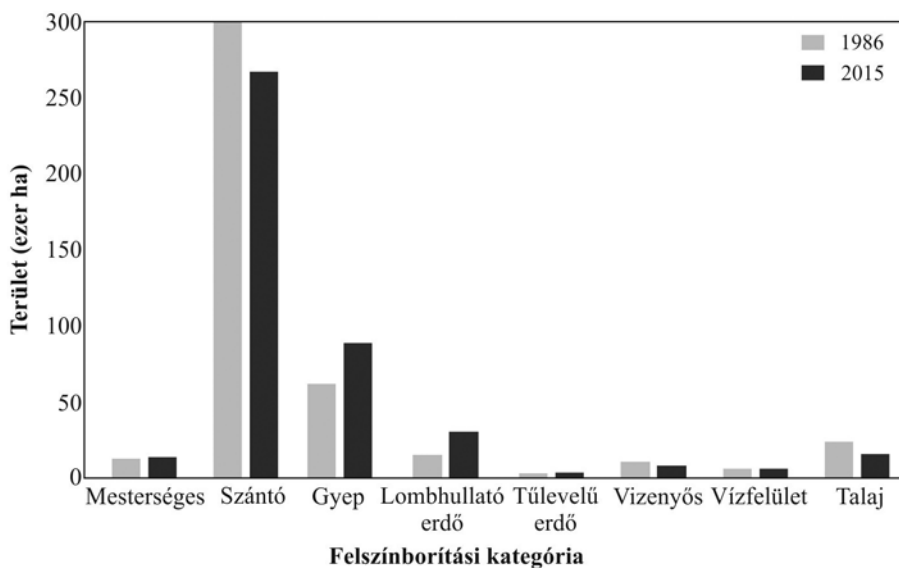
a környezetre, az autópályák megváltoztatják az ökológiai folyosók helyét, gátat képeznek az élőlények számára, közelükben fokozódik a lég- és talajszennyezés, az épületek pedig a lefolyási tényezőt, a talajtulajdonságokat változtatják meg. A szántóterületek adják a megye területének több mint kétharmadát (69,3% 1986-ban, 61,7% 2015-ben), ezek területe 7,6%-kal csökkent az eltelt időszakban. A gyepterületek 2015-ben már a megye egyötödét teszik ki 20,5%-kal, mivel 1986 óta a területük 6,2%-ot növekedett, ami a kevésbé intenzív művelés terjedését jelenti. A lombhullató erdők 2015-ben kétszer annyi területet, összesen 7%-ot tesznek ki, míg a vizenyős területek aránya 2,4%-ról 1,8%-ra csökkent.



A vízfelületek osztálya nem változott jelentősen, mindkét időpontban 1,4% volt a kiterjedésük a megyében. A nyílt talajfelszínek területe csökkenőben van, 1986-ban 5,5%-ot, míg 2015-ben 3,6%-ot tettek ki.

#### A felszínborítási típusok változása 1986 és 2015 között

A felszínborítási térképek alapján elmondható, hogy az eltelt közel 30 évben a legtöbb kategóriában lényeges változások történtek (4. ábra). A fő kategóriák közül a vízfelületek és a túlevelű erdők viszonylag állandóak. A vízfelületek összterülete 1986-ban 5830 ha, a 2015-ös képen pedig 5861 ha volt, mindössze 31 ha-ral növekedett, hiszen nagy területű vízrendezési munkálatok nem történtek a megyében. A túlevelű erdők összterülete 3158 ha-ról 3607 ha-ra változott, vagyis összesen 448 ha-ral nőtt. A mesterséges felszínek nyújtják a harmadik legnagyobb mértékű változást, mivel 1986-ban 12 677 ha területet foglaltak el, és 2015-re az összterületük elérte a 13 676 ha-t. Az eredményeink alapján az új beépítés összterülete Csongrád megyében 999 ha volt, amely tartalmazza az útépitéseket (pl. M43-as autópálya), és a települések (kiemelten Szeged) urbanizációját is.



4. ábra A különböző felszínborítási típusok összterülete 1986-ra és 2015-re  
 Figure 4 The total area of land cover types in 1986 and 2015

A vizenyős területek összterülete 10 397 ha-ról 7 836 ha-ra csökkent. Azonban érdemes figyelembe venni, hogy az 1986-os év belvizes volt, ezért az időszakos elöntések miatt nagyobb területek hibásan osztályozódtak ebbe a kategóriába. Ezeken a területeken az esőzések és a hóolvadás miatt a csapadék nem tudott a talajba szivárogni vagy a folyókba, csatornába jutni, ezért időszakosan a felszínen maradt nagyobb foltokban (VAN LEEUWEN et al. 2012). A talaj osztályban is csökkenés történt, 23 823 ha-ról 15 527 ha-ra csökkent az összterülete. Azonban a 8296 ha változásba az időszakosan (az adott évben) művelés alól kivont területek is beleszámítanak, és több esetben a szőlőterületek is hibásan ebbe a kategóriába osztályozódtak. A lombhullató erdők területe 14 943 ha-ról 20 191 ha-ra,

tehát több mint másfélszeresére nőtt, a megye nyugati részén történt nagyobb fokú erdő-sítésnek köszönhetően. A gyepek területe szintén növekedett, 61 780 ha-ról 88 841 ha-ra, összesen 27 061 ha-ral, vagyis körülbelül a terület egyharmadával nőtt. A szántók területe változott a legnagyobb mértékben, 299 842 ha-ról 266 911 ha-ra csökkent, ez 32 931 ha-os, vagyis 11%-os csökkenés. Ezek a változások leginkább a gyepek, a lombhullató erdők és a mesterséges területek növekedéséhez köthetők.

### *A mesterséges felszínnek változása 1986 és 2015 között*

A mesterséges felszínnek változásának 3 tipikus megjelenési formáját mutatja az *5. ábra*. Az 1972-ben készült Corona fekete-fehér műholdfelvételen az elemzéseink alapján kirajzolható új mesterséges felszínnek fedvényt helyeztük el. Mellette a Google Earth valós színes részlet látható, amely a 2015-ös állapotot jeleníti meg nagyfelbontású űrfelvételen.

Az *5a. ábra* Kiskundorozsma ÉK-i részéhez csatlakozó új beépített terület mutatja, amelyhez csatlakozik a Vásártéren 1993 óta működő Dorozsmai Nagybani Piac. A keres, családi házas beépítésű területen a település központjában található telkekhez képest kisebb telkeket jelöltek ki, így kevesebb terület maradt a nyílt talajfelszínnek.

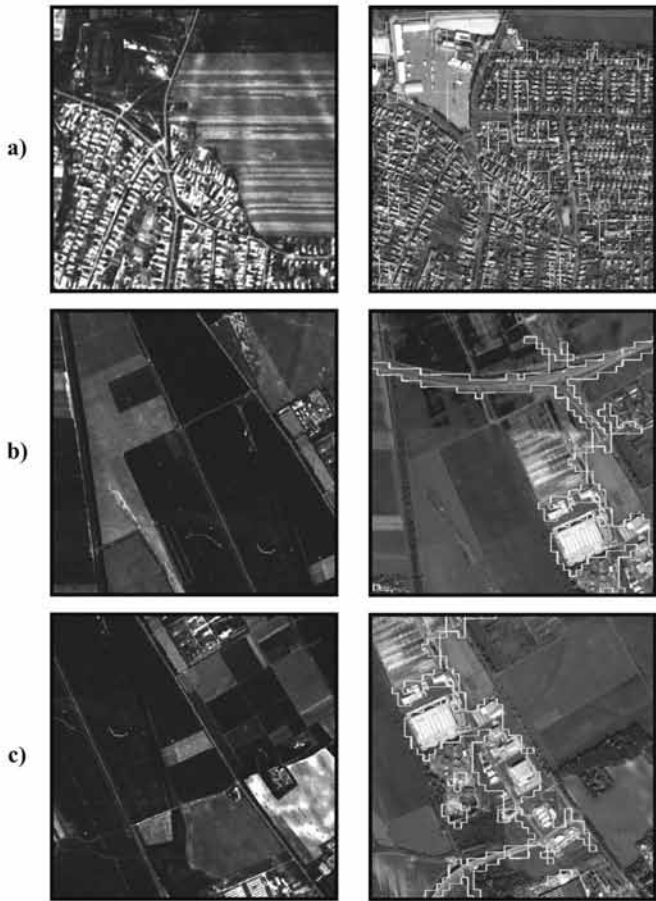
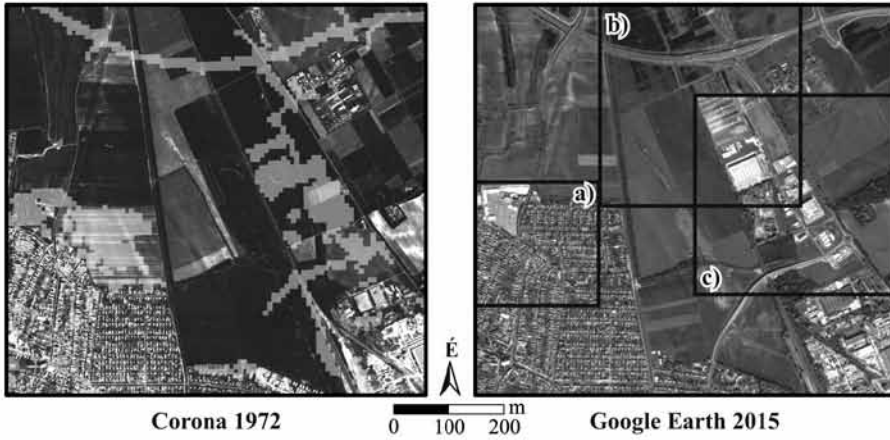
Az M5-ös autópálya Szegedtől nyugatra húzódik, és ehhez csatlakozik az M43-as autópálya, mely a román határig tart, és csatlakozik az A1-es autópályához (*5b. ábra*). Első szakaszát 2005-ben, a második 47-es főútig tartó szakaszát 2010-ben, a harmadik (Makóig tartó) szakaszát 2011-ben, míg a határig terjedő részét 2015-ben adták át. Az első és második szakasz átadása előtt jelentős problémát okozott a belvízelvezető csatornák átalakítása, ill. az átereszek hiánya. Az autópálya felszíni vizek elvezetését akadályozó hatásáról BARTA K. et al. (2011) számoltak be.

Az 5-ös főút szegedi bevezető szakasza korábban is fontos telepítő tényező volt. Ide települt több kereskedelmi egység (Cora, Metro, Praktiker), ipari létesítmények (Gumigyár – Contitech Rubber), valamint katonai objektum (Orosz laktanya). Az M43-as kiépülése után ipari park létesült zöldmező beruházásként, itt jött létre a CBA, a Szegedi Zöldség és Gyümölcs Nagybani Piac 14 ha-on, valamint a laktanya helyén az ELI (önálló telken). További építkezések várhatóak a területen, 2020-ig megépül mintegy 24 ha-os területen a Science Park is az ELI-ALPS mellett (*5c. ábra*).

## **Összefoglalás**

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy idősoros adatok segítségével lehetséges nagy kiterjedésű felszínborítás térképek előállítására. Térképünkön 8 felszínborítási kategóriát különítettünk el: mesterséges felszíneket, szántókat, gyepeket, talajokat, vizezős területeket, vízfelületeket, lombhullató és tűlevelű erdőket. A korábbi kutatásokhoz hasonlóan, igazoltuk, hogy az egy időpontot használó osztályozásokkal szemben, az idősoros elemzések segítségével csökkenthető a félreosztályozódás a mesterséges felszínnek és a talajok között. Az alkalmazott módszerekkel magas pontosság (90% feletti) érhető el nagyobb területek (pl. megyék, régiók) osztályozása esetén is.

A hosszú távú felszínborítás vizsgálatokban kulcsszerepet kapnak a 2008 óta ingyenesen elérhető, 44 éve folyamatosan adatokat szolgáltató Landsat program műholdképei. Kutatásunkhoz elegendő felvétel állt rendelkezésre az 1986 és a 2015-ös évekből is, így lehetőség adódott közel 30 éves változások vizsgálatára, a fontosabb trendek megállapítására. A két időpont között sikeresen kimutattuk a szuburbanizáció jelenségét, a telepü-



5. ábra Példák mesterséges felszín változásokra 1986 és 2015 között, a) kertés, családi házas beépítés, b) autópálya-építés, c) kereskedelmi, szolgáltató és ipari épületek építése  
 Figure 5 Examples of changes to the artificial class between 1986 and 2015: family houses (a), highway construction (b) commercial and industrial area (c)

lések külterületének belterületbe vonását. Továbbá térképeztük az autópályák, autóutak megépülését (pl. M43-as autópálya) és a kereskedelmi, szolgáltató egységek (pl. szupermarketek) és ipari parkok megjelenését is.

A véletlen erdő osztályozási módszer képes volt a többféle forrású (különböző szenzorok) adatokat együtt kezelni. Eredményesen teljesített a felhős képek és az SLC-off hibával terhelt képek osztályozásában is, így a bizonyos időpontokban adathiányos területeken is megbízható becslést adott. Azonban a megye nyugati, homokosabb területein és a szőlő ültetvényeken keveredés mutatkozott a mesterséges felszínekkel, valamint további problémákat okozott a több felszínborítási típust egyidejűleg tartalmazó, kevert pixelek osztályozása is.

A több spektrális sávval és nagyobb geometriai felbontással rendelkező Sentinel-2 műholdak jövőbeli felhasználása tovább javíthatja az osztályozási eredményeket. Azonban ezek a felvételek a 2015 előtti időszakra nem állnak rendelkezésre, így hosszú távú vizsgálatokra önmagukban nem elegendők. További jövőbeli cél lehet a térkép pontosítása és a felhasznált adatok tesztelése (pl. alkalmazott felvételek száma). Az idősor kiegészíthető köztes időpontokkal (pl. 2000-es évek eleje), amelyek segítségével nemcsak a két időpont közötti változások, hanem a változások dinamikája, sebessége is meghatározható a területen.

---

LISKA CSILLA MARIANN  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
csliska@geo.u-szeged.hu

MUCSI LÁSZLÓ  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
mucsi@geo.u-szeged.hu

HENITS LÁSZLÓ  
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged  
henits@geo.u-szeged.hu

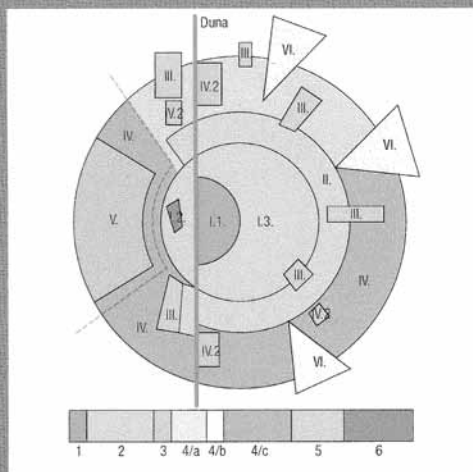
#### IRODALOM

- BARTA K. – SZATMÁRI J. – POSTA Á. 2011: A belvízképződés és az autópályák kapcsolata. - Földrajzi Közlemények 2011. 135. 4. pp. 379–387
- BATA T. – MEZŐSI G. 2013: Assessing Landscape Sensitivity Based on Fragmentation Caused by the Artificial Barriers in Hungary. – Journal of Environmental Geography 6. 1-2. pp. 37–47.
- BELGIU, M. – DRAGUT, L. 2016: Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. – ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 114. pp. 24–31.
- BREIMAN, L. 2001: Random forest-Machine Learning 45. pp. 5–32.
- BÜTTNER G. – FERANEC, J. – JAFFRAIN, G. – MARI L. – MAUCHA, G. – SOUKUP, T. 2000: The CORINE landcover 2000 project. – EARSeL Proceedings, 3. 3. pp. 331–346.
- CONGALTON, R.G. 1991: A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. – Remote Sensing of Environment 37. 1. pp. 35–46.
- Csongrád megye területfejlesztési koncepciója, 2012
- GISLASON, P.O. – BENEDIKTSSON, J. A. – SVEINSSON, J. R. 2006: Random forests for landcover classification. – Pattern Recognition Letters 27. 4. pp. 294–300.
- JENSEN, J.R. 2005: Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Toronto: Prentice Hall, 544 p.
- HENITS L. – JÜRGENS, C. – MUCSI L. 2016: Seasonal Multitemporal Land-Cover Classification and Change Detection Analysis of Bochum, Germany, Using Multitemporal Landsat TM Data. – International Journal of Remote Sensing 37. 15. pp. 3439–3454.

- JIANG, L.–WANG, W.–YANG, X.–XIE, N.–CHENG, Y. 2010: Classification Methods of Remote Sensing Image Based on Decision Tree Technologies – In: LI, D.–LIU, Y.–CHEN, Y. (ed.): Computer and Computing Technologies in Agriculture IV, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 353–358.
- KAUTH, R.J.–THOMAS, G.S. 1976: Tasseled Cap-graph description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. – In Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, IN, pp. 4b41–4b51.
- KSH, 2011. évi népszámlálás 3. Országos adatok
- KSH, 2013. Csongrád megye számokban
- MARI L.–MATTYÁNYI Zs. 2002: Egységes európai felszínborítási adatbázis a CORINE LandCover program. – Földrajzi Közlemények 126. 50. 1-4. pp. 31–38.
- MEZŐSI G.–FEJES Cs. 2004: A tájak ökológiai feltjainak kvantitatív elemzése – A magyar földrajz kurrens eredményei. A II. Magyar Földrajzi Konferencia 2004. CD kötete, Szeged, pp. 1–12.
- MUCSI L.–KOVÁCS F.–HENITS L.–TOBAK Z.–VAN LEEUWEN B.–SZATMÁRI J.–MÉSZÁROS M. 2007: Városi területhasználát és felszínborítás vizsgálata távérzékeléses módszerekkel. – In: MEZŐSI G. (szerk.): Városökológia, Földrajzi Tanulmányok 1. pp. 43–65.
- SCHNEIDER, A. 2012: Monitoring Land Cover Change in Urban and Peri-Urban areas Using Dense Time Stacks of Landsat Satellite Data and a Data Mining Approach. – Remote Sensing of Environment 124. pp. 689–704.
- SMALL, C. 2001: Estimation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis. – International Journal of Remote Sensing 22. pp. 1305–1334.
- STRAHLER, A.H.–WOODCOCK, C.E.–SMITH, J.A. 1986: On the nature of models in remote sensing. – Remote Sensing of Environment 70. pp. 121–139.
- SMALL, C. 2003: High resolution spectral mixture analysis of urban reflectance. – Remote Sensing of Environment, 88. pp. 170–186.
- UN 2014: World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SER.A/352).
- VAN LEEUWEN B.–MEZŐSI G.–TOBAK Z.–SZATMÁRI J.–BARTA K. 2012: Identification of inland excess water floodings using an artificial neural network. – Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 7. 4. pp. 173–180.
- WU, C. 2004: Normalized spectral mixture analysis for monitoring urban composition using ETM + imagery. – Remote Sensing of Environment 93. pp. 480–492.
- YUAN, F.–SAWAYA, K. E.–LOEFFELHOLZ, B. C.–BAUER, M. E. 2005: Landcover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. – Remote Sensing of Environment 98. pp. 317–328.
- ZHANG, L.–WENG, Q. 2016: Annual dynamics of impervious surface in the Pearl River Delta, China, from 1988 to 2013, using time series Landsat imagery. – ISPRS Journal of Photogrammetry Remote Sensing 113. pp. 86–96.
- ZHU, Z.–WOODCOCK, C. E. 2014: Continuous change detection and classification of landcover using all available Landsat data. – Remote Sensing of Environment 144. pp. 152–171.
- ZHU, Z.–WOODCOCK, C. E. 2012: Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. – Remote Sensing of Environment 118. 15. pp. 83–94.

Sikos T. Tamás –  
Tiner Tibor (Szerk.)

# Tájak, régiók, települések térben és időben



DIALÓG CAMPUS

SIKOS T. TAMÁS – TINER TIBOR (szerk.):  
**Tájak, régiók, települések térben és időben**  
Dialóg Campus, Budapest, 2016, 479 p.

A tanulmánykötet tájaink, régióink, településeink sokszínű világát, a bennük érvényesülő változatos társadalmi, gazdasági, környezeti folyamatokat és kapcsolatrendszereket tárja az olvasó elé. A kiadvány messzemenően alapoz Beluszky Pál több évtizedes munkásságára és szakmai eredményeire, s egyben tisztelgés a neves szakember életműve előtt.

*További információk:* [www.dialogcampus.hu](http://www.dialogcampus.hu), [tinert@mtafki.hu](mailto:tinert@mtafki.hu)

## KRÓNIKA

### Emlékkő és emléktábla CHOLNOKY JENŐ tiszteletére

Az elmúlt években CHOLNOKY JENŐ emlékének ápolása ismét előtérbe került szülővárosában, Veszprémben. Ennek részeként 2012-ben GÉCZI JÁNOS író és BRASSAI ZOLTÁN irodalmár közreműködésével Cholnoky-estet szerveztek. 2013-ban tematikus, helytörténeti Cholnoky-séták indultak el a helyi Tourinform Iroda szervezésében. A legnagyobb eseményre, bronz mellszobrának – amelyet BALÁS ESZTER Munkácsy-díjas szobrászművész alkotott – avatására 2014 nyarán került sor a róla elnevezett utcában, az ugyancsak róla elnevezett általános iskola előtt (ahol korábban már termet is avattak a tiszteletére).

A tudóst fiatal korában ábrázoló szobrot PORGA GYULA polgármester, SIKLÓDI LEVENTE önkormányzati képviselő, KUBASSEK JÁNOS múzeumi igazgató, GÓRNÉ FAZEKAS ÁGNES iskolaigazgató, valamint a szoborállítás kezdeményezőjeként e sorok írója avatta fel. 2015-ben születésének 145. évfordulója keretében veszprémi szülőházánál rendeztek városi ünnepséget.

E szellemiség folytatásának tekinthető a 2016. október 14-én megrendezésre került ünnepség, amelynek során CHOLNOKY JENŐ emlékkövét és emléktábláját avatták fel a Veszprém melletti 375 m magas Csatár-hegyen (*1. kép*).



*1. kép* A Cholnoky emlékkő és emléktábla Veszprémben

A földrajztudósnak – ezúttal mint a Magyar Turista Egyesület (MTE) elnökének – emelt bazalt emlékkő és gránit emléktábla a 20 éves Édesvíz Természetbarát Egyesület kezdeményezésére Veszprém Megyei Jogú Város támogatásával jött létre. Az emlékkövön a *Cholnoky Jenő 1870–1950* felírás szerepel, az emléktábla felirata pedig így szól: *A Magyar Turista Egyesület elnöke (1920-1946)*. Az avatást két évforduló is indokolta: egyrészt 90 évvel ezelőtt, 1926-ban alakult meg az MTE Bakonyi Osztálya, másrészt magát az Egyesületet 70 éve oszlatták fel, így annak CHOLNOKY JENŐ az utolsó elnöke volt. Az avatóünnepségen köszöntőt mondott NÉMEDI LAJOS alpolgármester, HALMAY GYÖRGY, a városrész önkormányzati képviselője és PÁL LAJOS, a Veszprémi Erdőgazdaság Zrt. gazdasági vezérigazgató-helyettese, a tudós életművét e sorok írója, a turistákkal való kapcsolatát pedig JÁKÓI BERNADETT helytörténész méltatta. Az ünnepségen részt vett a tudós unokája, CHOLNOKY TAMÁS is (2. kép).

Az emlékművek avatása egyúttal arra a már kissé elfeledett tényre is felhívja a figyelmet, hogy a tudós élete és a turistáskodás szervesen

összefüggött. A Magyar Turista Egyesületnek előbb (1908–1917 között) vidéki választmányi tagja volt, majd 1920-tól a megszűntéig elnöke. Emellett a Magyar Turista Szövetség társelnökéként is dolgozott 1918–1923 és 1940–1941 között. Ő volt, aki már az 1920-as évek végén megálmodott egy Magyarországot átszelő, 1000 km hosszú turista főútvonalat; elképzelése részben meg is valósult 1938-ban, amikor a mai Országos Kéktúra elődjének útvonala kiépült. Ezen kívül a Bakonyi Osztály megalakulásában is szerepet vállalt. Nemcsak formális elnöki tisztséget töltött be az Egyesület élén, hanem részt vett az egyesület által szervezett túrákon, emlékművek, kilátók és menedékházak átadásán is. Felszólalt a különböző gyűléseken és üléseken, rendszeresen jelentek meg írásai a *Turisták Lapja* és a *Turistaság és Alpinizmus* című folyóiratokban. Több mint 45 tanulmányt írt különböző turista-folyóiratokban. Népszerű és kedvelt elnöke volt a társaságnak, születésnapja alkalmából több alkalommal tartottak díszvacsorát tiszteltére, 60. születésnapjára egyedi készítésű díszalbummal ajándékozta meg őt a vidéki osztályok nevében a vezetőség.



2. kép Cholnoky Tamás elhelyezi az emlékezés virágait nagyapja emléktáblájánál



PEITLER GYULA orvos, aki 1930–1942 között a Turisták Lapja szerkesztője, 1929–1941 között pedig az MTE főtitkára volt, *Dr. Cholnoky Jenőről* című írásában így idézi a földrajztudós szavait: „Az igazi tudósok lényegileg nem különböznek az igazi turistáktól. Mindegyiknek gyönyörűséget okoz a saját mestersége. Az egyik tudományos célokat, a másik turistacélokat tűz maga elé. Mindegyik határtalanul, de nemes irányban kíváncsi... Az egyik az igazat, a másik a szépet keresi a természetben. S hol lehet éles határt vonni a kettő között? Az igazi tudós és az igazi turista szerény. Gyönyörűségét nem a dicsekvésben, hanem munkájában találja. Rendkívül örül, ha olyan célt ért el, amely nem mindennapi... És, hogy mi vonzott engem már ifjúságom óta a turista-eszméhez? Hát hiszen a turistaság a legszorosabb kapcsolatban áll a földrajzzal. A földrajztudós nem lehet meg anélkül, hogy gyakorlott turista is ne legyen, a turista meg nem lehet meg anélkül, hogy a földrajzból ne szerezzen kellő ismereteket: olvasni kell tudnia a térképeket, ismernie kell a térszíni formák bizonyos kérdéseit, sőt még a meteo-

rológiai tüneményeivel is behatóbban kell foglalkoznia, hiszen kirándulás, amelyen az időjárás nem volna döntő jelentőségű tényező” (Turisták Lapja 42. 7. pp. 233–235.).

Az elmúlt évtizedekben a Turista Egyesület már szervezett koszorúzásokat a tudós sírjához. 1988-ban az Országos Kéktúra megnyitásának 50 éves jubileuma alkalmából a Magyar Természetbarát Szövetség emlékkövet állíttatott neki Zircen. Dobogókőn is volt emlékköve a tudósnak. A veszprémi Építők Természetbarát Sportegyesület pedig létrehozta a Cholnoky Jenő-emléktúrákat 8 útvonalon, 116 km hosszán, közülük az 1. számú útvonal érinti az új Csatár-hegyi kilátót is, amelynek elődje – leégése előtt, 1977-2003 között – CHOLNOKY nevét viselte.

Zárszóul ismét PEITLER GYULA szavait érdemes idézni CHOLNOKY JENŐRŐL: „Tudományos érdemei azok, melyek alapján tudományos társaságok, testületek vezetője lett, de ezeken felül természetszeretete, hazaszeretete és emberszeretete avatta a turisták vezérévé!”.

RYBÁR OLIVÉR

### LÓKI JÓZSEF 70 éves

LÓKI JÓZSEF 1946. október 13-án született a Somogy megyei Jákó településen. 1966-ban kezdte meg tanulmányait az akkori Kossuth Lajos Tudományegyetemen Debrecenben, majd 1971-ben matematika-földrajz szakos tanárként diplomázott.

Pedagógusi pályáját a debreceni Irinyi János Élelmiszeripari Szakközépiskolában kezdte meg, ahol 8 évig dolgozott, de ez idő alatt sem szűnt meg kapcsolata az egyetemmel. PINCZÉS ZOLTÁN biztatására doktori értekezésének tervezetével kereste fel KÁDÁR LÁSZLÓT. A Belső-Somogy természeti földrajzáról szóló értekezését 1975-ben védte meg. 1979-ben tanári munkájáért miniszteri dicséretben részesült. Ugyanebben az évben az akkori tanszékvezető, BORSY ZOLTÁN hívására a Földrajzi Intézet munkatársa lett. Bekapcsolódott az akkori kutatómunkába, melynek témája a Bodroghöz és a Nyírség volt. Nem hanyagolta el saját kutatási területét sem, amely a Duna–Tisza közének mezőgazdasági szempontú természetföldrajzi vizsgálata volt. Ez lett kandidátusi értekezésének alapja is, amelyet 1996-ban védett meg.

Az 1990-es években felismerte a számítástechnika bevezetésének fontosságát az egyetemi képzésbe, és szorgalmazta a geoinformatikai

tárgyak tantervébe illesztését. Az 1993-ban alakult GIS-labor vezetője lett, aki előmozdította a távérzékelés alkalmazását. 2003-ban a tanszék nevébe is bekerült a geoinformatika. A debreceni geoinformatika kiépülésének úttörő egyénisége. Nagy hangsúlyt fektetett az eolikus folyamatok tanulmányozására is, amelyhez nagy segítséget nyújtott a kísérleti szélcsatorna és a terepen végzett munka. A széleróziós folyamatok vizsgálatára fordított idő és energia eredményeképpen megszületett akadémiai doktori értekezését 2004-ben védte meg. Ennek keretében szerkesztette meg Magyarország potenciális szélerózió-veszélyességi térképét.

2005 és 2011 között a Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék vezetője lett. Vezetőként a tanszék ügyeit és érdekeit mindig szívén viselte, mind szakmailag, mind emberileg kiváló példával járt kollégái előtt. Nevéhez fűződik a debreceni Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, amely 2010 óta évente megrendezésre kerül.

Számos kitüntetésben és díjban részesült: Miniszteri Dicséret (1979, 1988), Magyar Földrajzi Társaság Pro Geographia-díj (1997), Széchenyi Professzori Ösztöndíj (1999–2002), Auto-

desk Ltd. Térinformatikai pályázat országos fődíja, Magyar Köztársaság Ezüst Érdemkereszt (2003), Lóczy Lajos-emlékérem (2011), Pro Universitate kitüntetés (2015), a Magyar Földrajzi Társaság tiszteleti tagja (2016).

LÓKI JÓZSEF kiváló kutató és oktató, nagyszerű ember, aki kitartó és soha véget nem érő

elhivatottsággal éli életét. Szakmai- és magánélete egyaránt példaként szolgál kollégái, ismerősei és tanítványai számára is. Jó egészséget és további sikereket kívánunk, reméljük, még sokáig tanulhatunk Tőled!

SZABÓ SZILÁRD

**Jubileumi születésnapjuk alkalmából  
ezúton köszöntjük tagtársainkat**

BECSEI JÓZSEF 80 éves

BOGNÁR ANDRÁS 80 éves

MÉSZÁROS REZSŐ 75 éves

## IRODALOM

PLIHÁL KATALIN:

### Nyomatott magyar föld- és éggömbök 1840–1990

Zrínyi Kiadó, Budapest, 2016, 231 p. (+DVD)

Magyarországon az Országos Széchenyi Könyvtár vállalkozott első alkalommal arra, hogy a magyar nyelvű föld- és éggömbökből önálló kiállítást rendezzen. A *Nyomatott magyar föld- és éggömbök a kezdetektől napjainkig* gyűjteményes kiállítás 2010. október 2-től 2011. március 31-ig volt megtekinthető. A kiállítás kurátorának, a forrásértékű, szép kiállítású kötet szerzőjének, PLIHÁL KATALINNAK az érdeme, hogy – magyarországi és osztrák egyházi és világi közgyűjteményekben fellelhető anyagból kölcsönözve, és magángyűjtők önzetlen segítségét igénybe véve (CSÁSZI TAMÁS, KORÁNYI G. TAMÁS, CSERI JÓZSEF), akik féltett kincseiket bocsátották rendelkezésre – nagyszerű anyag tárult elénk a várbeli kiállításon, és most kiadványba szerkesztve mutatja be a hazai nyomtatott glóbuszok készítésének másfél évszázados történetét.

Az első fennmaradt földgömb abból az évből, 1492-ből származik, amelyben Kolumbusz felfedezte Amerikát. A kéziratos glóbusz egy nürnbergi városatya és kereskedő fiának, MARTIN BEHAIMNAK a munkája. Az 51 cm átmérőjű „földalma” napjainkban a nürnbergi Német Nemzeti Múzeum gyűjteményét gazdagítja.

Az első nyomtatott 12 cm átmérőjű – fametszetes – földgömböt pedig Martin Waldseemüller készítette 1507-ben. A gömb szegmenseinek térképi képe, amelyen először szerepelt az *America* név, az ugyanabban az évben Strasbourghban megjelent, 12 lapból álló, nagy formátumú világ-térképének, a *Universalis Cosmographia*-nak egyszerűsített tartalmú kicsinyített nyomata. (Az eredeti nyomatok a Minneapolisi Egyetem könyvtárában találhatóak.)

A reneszánsz fellendülés Magyarországon a glóbuszkészítésben is érezte hatását. Mátyás király részére HANS DORN domonkos szerzetes 1480 körül éggömböt készített. A sárgarézbe gravírozott csillaggömb napjainkban a krakkói Jagelló Egyetem gyűjteményében látható.

A 16–17. században, a reneszánszt követő barokk korban a földgömb a főúri udvarok ked-

velt játékszere, díszes érdekessége lett. A 18. század elejére a földgömb megújodott, mert a pedagógia tudománya felismerte benne a szemléltetőeszközt. A glóbuszokban az iskolák az oktatás segítségét látták, és egyre nagyobb számban igényelték. Pest városa például 1757-ben a piarista gimnázium számára 48 guldenért két Doppelmayer-féle földgömböt vásárolt. Az első magyar iskolai földgömböt Szablik István piarista tanár készítette 1784-ben. A debreceni református főiskolán a togátus diákok 1791-ben a földrajz oktatását segítő, 100 cm kerületű földgömböt szerkesztettek. A kéziratos glóbusz ma a kollégium múzeumában látható.

A 19. század fordulóján már sok különféle glóbusz volt az iskolákban. A tanárok maguk készítettek kéziratos földgömböket, mert az 1777-es Ratio Educationis már előírta a földgömbök iskolákban való alkalmazását. 1840-ben Nagy Károly, ez a külföldön tanult és a világot bejárta matematikus és gazdasági szakértő, egy 12 coll átmérőjű (kb. 32 cm) mintagömböt készített Jüttner osztrák ezredes két lábnyi átmérőjű tekéje után, angol és francia térképek segítségével. Ez az első nyomtatott földgömbünk. A földgömböket Bécsben sokszorosították a magyar iskolák számára. Majd még ugyanebben az évben egy hasonló nagyságú éggömböt is szerkesztett, amelyen 1600 csillagot tüntetett fel. A Magyar Tudományos Akadémia javaslatára a föld- és éggömböt magyar nyelvű felirattal látta el. A földgömb felirata az *Első magyar földteke, a legújabb kútfők után* volt.

A *Hírnök* 1840. évi 77. száma örömmel adta hírrül a magyar közönségnek, hogy az első magyar földtekék elkészültek, és hogy Batthyány Kázmér gróf bőkezűségéből minden olyan iskola ajándéku kapja azt, amelyben a *földíratot nagyobb terjedelemben tanítják*. Fel is sorolta 83. számában ezeket az iskolákat, és bizony nem volt ez több 44-nél. Az éggömböt Batthyány rendelkezésre a párizsi CHARLES DIEN készítette, aki magát a gömb feliratában magyarosan Dien

Károlynak nevezte. A földgömbök felhasználásához Vallas Antal, korának tehetséges, hányatott életű csillagásza gyakorlati utasításokat írt. *Az égi és földtekék használatára* című nagyszerű munka később matematikai és földrajzi alapanyagává vált.

Az abszolutizmus idején cseh, osztrák és német glóbuszok kerültek a magyar oktatási intézményekbe. Ez a helyzet az 1867. évi kiegyezést követően sem változott, mert magyar földgömböket sorozatban senki sem állított elő. A kiegyezés után a magyar iskoláknak a prágai Felk cég százával szállított magyarított föld- és éggömböket. A külföldi gömbök magyar felirattal való ellátásáról GÖNCZY PÁL, az Oktatásügyi Minisztérium államtitkára gondoskodott. A földgömbök két típusban, három különböző nagyságban, 8, 12 és 18 col (21, 31,6 és 47,4 cm) átmérővel kerültek forgalomba. A gömbök tartozéka volt egy fokbeosztásos meridián kör és horizonti kör naptárral. A drágább, teljes felszerelésű, három falábon álló glóbusz lábai közé kompasz volt erősítve. Gönczynek kortársa volt Hunfalvy János, a pesti egyetem földrajz-professzora. Hunfalvy az 1860-as évek végén külföldi példák és adatok alapján tervezett egy 24 cm átmérőjű glóbuszt. A gömb címe: *A Föld a legújabb felfedezésekkel, magyarította Hunfalvy János* bizonyítja, hogy munkája lényegében átdolgozás volt. A gömböt a már jól bevált Felk cég kivitelezte. Mind Gönczy, mind Hunfalvy földgömbjei – egyetlen kivétellel – csak egy kiadásban láttak napvilágot. A forgalomba hozott glóbuszok elfogytak, elhasználódtak, de pótlásukról senki sem gondoskodott. Ebben közrejátszott, hogy Gönczy magyarított gömbjeit komoly kritika fogadta. A földgömbök sorsa végleg megpecsételődött, amikor egy 1908-ban kiadott közoktatásügyi rendelet *fogyatékos és avult tartalma, valamint a magyar közjogba ütköző hibái miatt* a magyar iskolákból a még meglévő darabokat kiltította.

KOGUTOWICZ MANÓ mögött már elismerésre méltó térképészeti munkásság állott, amikor 1896-ban glóbuszok gyártásába fogott. (Az egykori katonatiszt CSÁKY ALBIN közoktatásügyi miniszter támogatásával 1890-ben alapította intézetét, amely kezdetben csak a bécsi Hölzl cég fiókvállalata volt. 1892-re a budapesti intézet *Kogutowicz és Társa* cégnevét állító-sította magát, majd a cég 1901-ben átalakult Magyar Földrajzi Intézet Rt. néven. A Földrajzi Társaság elnöke az 1897-es közgyűlésen örömmel jelentette, hogy elkészültek az első 25,5 és

51 cm átmérőjű földgömbök. Kogutowicz nagyobbik, 51 cm-es földgömbjét teljes felszereléssel is ellátta, úgyhogy tökéletesen alkalmas volt glóbuszgyakorlatokra, sőt a budapesti egyetem geográfus professzorával, Cholnoky Jenővel egy gyakorlatokat és feladatokat tartalmazó füzetet is íratott. Ezt a gömböt később *Indukció-földgömb* címen palafelülettel és piros fokhálózattal is forgalomba hozta. Kogutowicz földgömbjei a legkényesebb igényeknek is megfeleltek, úgyhogy külföldi iskolák is használták. Ezért a századfordulón be is rendezkedett a Földrajzi Intézet német, olasz és szlovén nyelvű glóbuszok gyártására is. A magyar kartográfia külföldi elismerésének csúcspontján állt a századfordulón, termékei párizsi kiállítási aranyérmeket hoztak. Az első világháború utáni években megállt a gömbkiadás. Az intézet elvesztette önállóságát. Az iskolák és a nagyközönség igényeinek kielégítésében kényszerű szünet állt be. Csaknem négy évtizeden át Kogutowicz földgömbjeinek segítségével folyt a magyar földrajzoktatás, míg az 1920-as évek végén TURNER ISTVÁN alapította *Domborművű Térképészeti Műintézet* új földgömbök szerkesztésébe és forgalmazásába kezdett. Turner 1930-ban elsőnek kis, nem tudományos célokra szolgáló 11 és 17 cm átmérőjű földgömböket, majd egy évvel később 20 és 25 cm-eseket hozott forgalomba. Még 1930-ban készült el 32 cm átmérőjű domborművű földgömbje. A gömb szerkesztésében részt vett Kogutowicz Károly, a névírást Takács József tervezte, a nyomdai munkák pedig a katonai térképészet otthonában, a M. Kir. Állami Térképészeti Intézetben készültek. Az 1 : 40 millió méretarányú, hét színnel nyomott, domborított földgömb különlegesen értékes taneszköze lett a magyar iskoláknak. Több változatban, felszeretlenül, fél meridián körrel és teljesen felszerelve is forgalomba került. Politikai testvérkiadása 1937-ben jelent meg. A 32 cm átmérőjű gömb teljesen új névrajzzal készült. Névjajza azt a helyesírást használja, amelyet az ÁTI Kisatlasz, ami nem véletlen, hiszen szerzőjük azonos. Ezt a gömböt KÓKAI LAJOS könyvkiadója adta ki, aki a harmincas évek végén kezdett bekapcsolódni a térképkiadásba, és akinek számos értékes kartográfiai mű napvilágra hozatala köszönhető. Ilyen modern és ilyen gazdag névrajzú földgömbje még nem volt a magyar térképírásnak. A magyar kartográfiának hat évtized alatt két glóbuszszorozata jelent meg, a kisebb és nem tudományos értékű gömböktől eltekintve, mintegy tizenhat változatban. A második világ-

háborút követően, 1951-ig a régi nyomatot átalakítva adtak ki gömböket. Az átalakítás abból állt, hogy a politikai tartalomra átrajzolták a háború utáni változásokat, és a névrajzban az ismertebb nevek helyesírását helyesbítették. Az államosítás után a gömböket *Fővárosi Neon Földrajzi Tanszerosztálya* név alatt az államosított Turner-féle dombortérképészet készítette a tulajdonosból alkalmazottá változtatott TURNER ISTVÁN irányításával. (A meglepő új név magyarázata: ez az állami cég volt a szomszédja a Tisza /ma Balzac/ utcában a dombortérképészetnek.) Az újonnan szerkesztett gömbsorozat első darabjai 1954-ben készültek el. A földgömbkészítésben 1954-től szerkesztői munkatársként Füsi Lajos dolgozott. A 11, 17, 20, 25, 32 és 40 cm átmérőjű fizikai földrajzi és politikai tartalmú glóbuszok 1957-ig folyamatosan készültek. *Profiltisztítás* eredményeként a *Fővárosi Neon tanszerosztálya* minisztertanácsai döntésre átkerült az 1954-ben alapított *Kartográfiai Vállalathoz*, így lett 1959-től a vállalatnak glóbuszkészítő és térképkasírozó üzeme. Az 1964-től új földgömbösorozat indult. A nyugalomba vonult Turner István (1960-tól az ELTE Térképtudományi Tanszéke munkatársaként vett részt az egyetemen egyedi tematikus földgömbök szerkesztésében) a Kartográfiai Vállalat felkérésére megszervezte 13 cm-es, majd 25 cm átmérőjű politikai gömbök kiadásának munkáit. Mindkét glóbusz a nagyközönség számára készült, de csak néhány évig forgalmazták, azóta szinte nyomtalanul eltűntek.

A következő évtizedekben az érdeklődők „ellátására”, kis számban, csak NDK-s kooperációban készültek vállalati földgömbök. Említésre csak az 1986-ban készült, saját tervezésű, 40 cm átmérőjű szétszedhető Föld-modell méltó, melyet a Nemzetközi Térképészeti Társulás 1989-ben innovációs elismerésben részesített.

A szépen illusztrált, angol nyelvű összefoglalóval ellátott kötet 150 évet fog át, Nagy Károly 1840-es földgömbjétől a Kartográfiai Vállalat utolsó szétszedhető földgömbjéig. Benne szerepel a térképtörténészek által ismert mind a 102 nyomtatott magyar glóbusz. A kötet DVD-melléklete az ELTE Térképtudományi Tanszéke munkatársainak, GEDE MÁTYÁSNAK és KOLLÉGÁINAK, MÁRTON MÁTYÁS, NEMES ZOLTÁN, UNGVÁRI ZSUZSANNA munkáját dicséri. Nekik köszönhető, hogy a kiállításon megismert 102 magyar földgömb közül 72 nagyítható és körbeforgatható, virtuálisan kézbe vehető formában tárol elénk – lehetővé téve, hogy a Google Earth alkalmazásához kapcsolódva összevethessük a régi földrajzi térképeket a mai Föld képével. Például, hogy megtaláljuk a korabeli földrajzi nevek napjainkban használt megfelelőit. A DVD az egykori földrajzi feladatgyűjteményeket, a földgömbökkel kapcsolatos gyakorlatokat is kínálja az olvasóknak. Ismereteim szerint ehhez hasonló kiadvány a térképirásban még sehol sem látott napvilágot. Meggyőződésem, hogy akik ezt a művet kézbe veszik, a DVD-mellékletet használják, különleges forrásértékű élményt kapnak.

KLINGHAMMER ISTVÁN

DÁVID BEÁTA – BARNA ILDIKÓ – BÓNA VERONIKA – HEGEDŰS RÉKA – IZSÁK ÉVA:  
**A rendszerváltás családtörténetei – Huszonöt év Budapest árnyékában**  
L'Harmattan Kiadó, Budapest, 2016, 164 p.

„*Márpedig semmi sem olyan homályos, mint amiben élünk. Majd csak a 20 vagy 30 évvel utánunk jövők fogják tudni megmondani, kik és mik vagyunk most. És nekik is többféle magyarázatuk lesz.*” Paul Ricœur

*A rendszerváltás családtörténetei – Huszonöt év Budapest árnyékában* című, a L'Harmattan Kiadó gondozásában 2016 őszén megjelent és bemutatott, öt kiváló szociológus – DÁVID BEÁTA, BARNA ILDIKÓ, BÓNA VERONIKA, HEGEDŰS RÉKA, IZSÁK ÉVA – által jegyzett könyv ritka tudományos kihívás eredménye, ugyanis egy negyed évszázaddal ezelőtt zajlott kutatás ideiglenesen elvarrt szálát fonták tovább. LOSONCZI ÁGNES

iskolateremtő szociológus az MTA Szociológiai Intézetének keretein belül 1988 és 1990 között zajló Társadalmi változások – Életfordulók témakörben indított „Gyerekvárás, szülés, születés” című szocio-demográfiai kutatásának 25 évvel későbbi folyománya jelen könyv és az azt megalapozó három éves „*A rendszerváltás megszületett és meg nem született gyermekei: a születés szocio-kulturális körülményeinek hatása a demográfiai folyamatokra*” című OTKA-kutatás.

Jelen könyv több szempontból is hiánypótló. Az 1989/90-es politikai fordulat negyed évszázad során tapasztalható társadalmi, demográfiai hatásait multidiszciplináris eszközökkel vizsgáló

kutatások száma elenyésző. Habár a politikai, gazdasági, társadalmi változásokkal számtalan értékes, nagy ívű kutatás foglalkozott, az egyéni életutakban, a biztonság-bizonytalanság dichotómiájában leképeződött befolyásának, valamint az átlagember jelenében és – legfőképp – jövőjében bekövetkezett átrendeződés fokának mélyreható szociológiai vizsgálata a könyv megjelenéséig váratott magára.

A fejlett nyugat-európai térség, a kelet- és közép-európai egykori szocialista országok, köztük Magyarország népessége évtizedek óta a demográfia apály állapotában van. A népességszám csökkenése, a lakosság gyorsuló ütemű elöregedése, a házasságok számának redukálódása, szülérségük gyengülése, ezzel párhuzamosan a válások gyakoribbá válása, az individualizáció, elmagányosodás – társas magányt is beleértve – képezik modern társadalmunk legégetőbb konfliktusforrásait. A könyvben részletezett tudományos megállapítások azért (is) hiánypótlóak, mert e súlyos problémahalmaz hátterét, mozgatórugóit, főbb ok-okozati tényezőit, szabályrendszerét vizsgálja induktív következtetések levonásával az ország egyik legmélyrehatóbb változásán átment térségének számító Budapesti Agglomeráció nyolc városában (Cegléd, Dabas, Dunaharaszti, Érd, Monor, Százhalombatta, Szigethalom, Szigetszentmiklós).

A rendszerváltással az egyéni életeteket, életutakat befolyásoló tényezőket vizsgálva egyrészt a személyes szabadság súlya növekedett nagymértékben, emellett azonban a Kádár-korszak relatív biztonságérzetének egyértelmű csökkenésével az egyéni, családi, közösségi és makrotársadalmi szintre észrevétlenül beszivárgó bizonytalanság is erősödött. Ezzel párhuzamosan az elmúlt huszonöt évben a társadalmi rendszerek egykoron alapját képező családok, közösségek felől egyre inkább az individuumot középpontba helyező modell épül(t) ki sőt, a társadalmi, jövedelmi egyenlőtlenségek látványos kiéleződése is úgyszintén fontos attribútummá vált. Az olvasó számára az előzőekben felsorolt változások hátterében megbúvó okok, valamint a családok életében történt változások, azok magyarázatai világossá válnak.

A szerzők által kitűzött kutatási célok szerteágazóak, azonban a Losonczy-féle 1988-as és 1990-es vizsgálatok fókuszait vállaltan vezérfonalnak tekintették. Elsősorban a rendszerváltás – mint a 20. század Kelet- és Közép-Európájának fő történelmi töréspontja, új vizsgálódási referenciapontja – következtében bekövetkező lényeges

társadalmi történéseket a mindennapokat megélt és a politikai változásokat saját bőrükön tapasztaló családok, egyének szemszögéből mutatják be. Külön kiemelendő a család, mint a kutatások alapegységének jelentősége, ugyanis jelenlegi kapcsolatdeficitese, egyénközpontú társadalmunkban egyre kevésbé kerül reflektorfénybe a tradicionális, egészséges társadalmak alapjának számító közösségi egység.

A könyv számos kérdésre keresi és találja meg a választ: Milyen ma a rendszerváltást környező években született fiatalok biztonságérzete, és vajon milyen volt édesanyáiké huszonöt évvel ezelőtt, amikor ők születtek? Hogyan függ össze a társadalmi és az egyéni biztonság a fiatalok és a szülők életében? Vajon a szülők azt mondják-e, csinálják-e, amit valójában gondolnak a gyermekvállalásról és mit üzennek gyermekeiknek?

Metodikáját tekintve a kutatás vállaltan viszszanyúl a negyed évszázada végzett társadalmi vizsgálat induktív, interdiszciplináris megközelítéséhez, tehát a makrotársadalmi folyamatok megértéséhez az egyéni/családi szinten végzett vizsgálatokon, méréseken keresztül jutottak el. Két generáció két különböző életszakaszának szocio-demográfiai felmérését végezték ún. szociológiai longitudinális panelkutatással. Ennek erőssége a szándékok, tervek megvalósulásának követése, a különböző életutak dokumentálásának lehetősége.

A kutatás névuma az egy emberöltő alatti változások feltárását, bemutatását és magyarázatát lehetővé tevő három különböző időpontban zajló, nagyjából azonos számú résztvevő megkérdezésén alapuló, ugyanazon helyeken zajló mintavétel. Az első kettő a Losonczy Ágnes vezette kutatás keretében zajlott 1988-ban és 1990-ben, míg a harmadik hullám 2012-ig váratott magára.

A könyv egyik legértékesebb fejezete a „Kétgenerációs életutak Budapest árnyékában, térben és időben” címet viseli. Itt az olvasó betekintést nyerhet a vizsgálatba bevont nyolc, a főváros közvetlen közelében lévő agglomerációs település társadalmába, az ott élő „átlagemberek” életeibe. A mintatelepülések a rendszerváltás időszakában kedvezőtlen demográfiai mutatókkal rendelkeztek, tehát problematikusságuk okán esett rájuk a választás. Huszonöt év elegendőnek bizonyult ahhoz, hogy a városok különböző fejlődési pályákra álljanak, egyesek az Agglomeráció kifejezetten sikeres, mások stagnáló, kevésbé sikeres alvóvárosokká váltak, amely fejlettségi szint szintén fontos befolyásoló tényezője az ott élők életútjainak, sikereinek, avagy kudarcai-

nak. A könyv talán legérdekesebb részegysége a nyolc település minitörténeteit szedi csokorba. Az itt felkeresett összesen 300 megkérdezett által elmesélt sztorikat a kutatásban részt vevők városi szinten egységes történetekké gyúrták, ezáltal adott települést leginkább jellemző családtörténeteket olvashatunk, objektív képet kapva az ott élő (jelenleg) középkorú anyák és apák biztonságérzetének változásáról, a családokat összetartó vagy szétválasztó erőkről, valamint a közben felnőtt gyermekeik életútjairól, a siker vagy esetleges kudarc mögötti okokról, jövővel kapcsolatos pozitív, avagy félelmekkel teli hozzáállásukról.

Érdekes és új megállapításokat részletez a biztonság hét dimenziójával (munka, otthon, jövő, párkapcsolat, családi kapcsolatok, baráti kapcsolatok, testi-lelki egészség) foglalkozó fejezet. Az olvasó átfogó képet kaphat egyrészt a rendszerváltás időpontjában fiatal anyák és apák, másrészt a negyed évszázadnyi tudást, tapasztalatot, bölcsességet szerzett ugyanezen csoport tagjai, harmadrészt a rendszerváltozás környékén született, az Y-generációt alkotó új, csendes korosztályhoz tartozó fiatal felnőttek biztonság és/vagy bizonytalanságérzetéről. Az eredmények egyértelműen alátámasztják a jelenben élők bizonytalanságának, a reménytelenség

fokának növekedését, ezen kívül a „rendszerváltás gyermekeire” jellemző konformitás, passzivitás, apolitikus attitűd és apátia háttérében álló tényezőket és ezek jellemzőit. A szülői generáció belüli markáns változások nyomon követése és a szülő-gyermek generációk összehasonlítása válik lehetővé.

Összegezve a fentieket, a LOSONCZI ÁGNES vezette kutatások megállapításait összegző „kék” és „zöld könyv” folyamányaként megjelent, az 1990-es évek eleji kutatási elveket, célokat, eszközöket átörökítve és megújítva használó kutatás eredményeképp 2016 októberében bemutatott *A rendszerváltás családtörténetei: Huszonöt év Budapest árnyékában* című „lila” könyv a jelenlegi szocio-demográfiai kutatások kiemelkedően értékes példája. A kötet egy olyan korba ad betekintést, ahol a biztonságot egyik pillanatról a másikra bizonytalanság váltotta fel, ahol negyed évszázad társadalmi változásait átlagos életutat bejáró szülők és gyermekeik elbeszélései alapján, speciális optikán keresztül vizsgálhatjuk és vonhatjuk le akár saját életünkbe is integrálható tanulságait. A művet a szerzők mély tiszteletük jeléül az ötletgazdának, Losonczy Ágnesnek ajánlják.

HALÁSZ LEVENTE

NAGY EGON:

### **A román-magyar határrégió és határ menti együttműködések a Kárpátok Eurorégióban**

Presă Universitară Clujeană, Kolozsvári Egyetemi Kiadó, Kolozsvár, 2015

E recenzió szerzője, mint rutinos „könyvismertető” tisztában van azzal, hogy az ismertetések esetében az általános jellegű következtetéseket az írás legvégén szokás levonni. Akadhatnak persze kivételes esetek is, és számomra egyértelműen ilyen képez NAGY EGONnak, a Babes-Bolyai Tudományegyetem földrajz szakos adjunktusának, a Magyar Földrajz Intézet igazgatójának jelenlegi munkája, amelyről előre merem bocsátani a kijelentést: kiváló könyvet tart kezében az olvasó. A tudományos nyelvezet lehet, hogy számos érdeklődőt elriaszt, ugyanakkor bárki, aki Partium közelmúltbeli és napjainkban is jelen lévő földrajzi és társadalmi jelenségeiről komplex összefoglaló képet akar kapni, alapkönyvként tarthatja számon. Felfogható szakönyvként, szakmai kézikönyvként, ugyanakkor azok sem fognak benne csalódní, akik legfeljebb egy-egy tematikus fejezetet olvasnának csak el tudományos dolgozat, vagy igencsak

gyakorlati pályázat elkészítése céljából. Akár adatbázisként is felfoghatjuk, az általa nyújtott információhalmaz komplexitásának tükrében, ugyanakkor jóval több is ennél. A szerző első sorban társadalom-földrajzos szakember, de más területeken is jelentős műveltséggel rendelkezik, és ennek elemeit igyekszik munkájába is beépíteni. Ahhoz viszont, hogy ezen álláspontomat megindokoljam, sorba kell vegyük a kötet gazdag tematikáját.

Az európai régiókkal, ezek elméleti és gyakorlati jellemzőivel, egységként történő működésükkel és sajátos problémáikkal foglalkozó regionális tanulmányok lassan, de biztosan új interdiszciplináris tudománnyá nővik ki magukat, hasonlóan a nemzetközi kapcsolatokhoz és az ebből fakadó más új társadalomtudományos ágazatokhoz. Külön szakfolyóiratokkal és doktori iskolákkal is rendelkezik már ez a szakterület, és praktikus oldala sem elhanya-

golandó – az Európai Unió euró milliárdokat ajánl fel pályázati pénzek formájában regionális fejlesztésekre – ugyanakkor térségünkben még sem az empirikus tudás, sem pedig a gyakorlati lehetőségek kihasználása terén nem beszélhetünk fejlett regionális gondolkodásról. Ennek a jelenségnek a megváltoztatásához járul hozzá – a körülmények miatt szerény, de egyáltalán nem elhanyagolandó módon – Nagy Egon kötete mint egyfajta alapkönyv bármely, a határ menti együttműködésekben érdekelt intézmény vagy magánszemély számára.

Túl a gazdag bibliográfián – megnézve a listát, úgy tűnik, a szerző minden, relevánsnak számítható könyvet felkutatott, a magyar nyelvű kulturális közegben mindenképp – kiemelendő a módszertan interdiszciplinaritása. A téma komplexitásából is fakadóan – legalábbis a szerző igyekszik kiaknázni minden olyan témát, mely a román-magyar határrégió kapcsán felmerülhet, a nemzetiségi megoszlás kérdésétől a környezetvédelemig – az alkalmazott módszertan is sokszínű és komplex, alkalmazásában igényes, leírásaiban teljességre törekedő. Térkép-elemzés, statisztika elemzések, kérdőívek, diagramok által történő ábrázolás, társadalomtudományos elméletek alkalmazása – például a határrégió-modell alkalmazása – még nem fedi le teljesen a szerző által alkalmazott módszerek teljes spektrumát. Különösen kiemelném „A társadalmi-gazdasági jellegű területi eltérések kimutatása faktoranalízis útján” című fejezetet.

A szerző néhány hipotézist állít fel, amelyeket a kötet végén igazol. Ezek közé tartozik, hogy a pozicionális perifériahelyzet a román-magyar határ vonatkozásában társadalmi-gazdasági perifériahelyzetet is eredményez. A több területi tényező egymáshoz közeledése, ha gazdasági növekedéssel nem is jár, de a kohéziót egyértelműen erősíti, valamint az idő előrehaladtával nem csökken az együttműködési kedv és hajlandóság a határ menti partnerekkel. Tartalmi szempontból nézve a kötet kilenc nagy, tematikus fejezetre oszlik. Az első ezek közül magának a határmenti régióknak a fogalmát értelmezi, ez esetben a negyedik alfejezetet emelném ki első-

sorban, mely a romániai ide vonatkozó törvénykezést ismerteti. A második fejezet kimondottan a Kárpátok Euro régió jellemzőit mutatja be, itt külön alfejezetet kapnak a környezeti konfliktusok, ezek közül is kiemelten a Szamos szennyezése. A bemutatás „sűrűjébe” vágnak a következő fejezetek: a harmadik a határmenti romániai és magyarországi megyék demográfiai szerkezetét mutatja be, a rendelkezésre álló statisztikai adatok tükrében a teljességre törekedve. Külön fejezet elemzi a településhálózat sajátosságait – itt a történelmi ismeretek gazdagságát szeretném kiemelni.

A „Határmenti megyék gazdaságának főbb jellemzői”, „A határrégió modellje”, valamint „A társadalmi-gazdasági jellegű területi eltérések kimutatása faktoranalízis útján” fejezetek magukért beszélnek, közülük az első fejezet esetében a határállomások szerepének újraértékeléséről szóló alfejezetet érdemes a leginkább kiemelni. A két metodológiai fejezetet követően a szerző határon átnyúló kapcsolatok lehetőségeit és kockázatait vizsgálja meg, elsősorban a Kárpátok Euro régió mint egység vonatkozásában, külön hangsúlyt fektetvén Szatmár és Bihar megyére. A legutolsó fejezet pedig egy a határmelletti települések vezetőinek körében elvégzett felmérés tükrében értékeli a határ menti együttműködés főbb jellemzőit, lehetőségeit és nehézségeit. Külön kis alfejezetet kap Biharkeresztes határ menti integrációja, amely kapcsolatépítésben és a gazdasági potenciál érvényesítésében áll, amit végkövetkeztetések zárnak. A közjót szolgáló regionális együttműködés elmélyítése az itt élő helyi közösségeken múlik.

A kötet szakmaisága illusztrálja, hogy Nagy Egon nem véletlenül volt Bolyai-ösztöndíjas a regionális fejlesztések témájában. Könyve is figyelemre, elolvasásra méltó, és nem tartom kizártnak, hogy műfajában alapkönyvé válik. Erre van idő, hiszen csak nemrég, 2015-ben jelent meg. Meglátjuk, hogy ha így lesz, ehhez nagyobb reklámot kellene kapnia a kötetnek. Addig, ha egyetlen egy szóval kellene a könyvet jellemezni, az a következő lenne: alapos.

LAKATOS ARTUR



SZILASSI PÉTER:

## **Etiópia geográfus szemmel – Ami a bulvárhírekből kimaradt**

Panoráma Kiadó, Budapest, 2014, 208 p.

Ez év őszén az Érdi Földrajzi Múzeumban tartott, az 1956-os forradalom és a földtudományok kapcsolatával foglalkozó konferencia keretében adta át Társaságunk elnöke a Teleki Sámuel-érmet SZILASSI PÉTERnek, a Szegei Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékének docensének. A kitüntetett többek között annak tragikus eseményeiről ismertté vált etiópiai expedíciónak volt a tagja, amelynek útja során egy geográfus, FABIÁN TAMÁS (a szerző tanszéki kollégája), valamint egy orvos, SZABAD GÁBOR terroristák támadásának áldozata lett. Erről természetesen a szenzációhajhász sajtó sokat írt, amiben rengeteg tévedés is volt, de arról nem esett szó, hogy mi is volt az út célja. Ahogy a szerző írja: „Fontos hangsúlyozni, hogy utunk nem kalandtúra volt. Egyáltalán nem vagyunk adrenalinfüggők, nem volt célunk a veszély keresése. Nem szerepelt a terveink között hegy- vagy sziklamászás, vadvízi evezés és más extrém sport sem. Mi Etiópia természeti, kulturális látnivalóit, egyedi, semmihez sem fogható sajátosságait szerettük volna megtekinteni, dokumentálni és megérteni, a szükséges alapos felkészülés után... hónapokon át szerveztük, terveztük az UTAZÁST, amely mindannyiunk évek vagy évtizedek óta dédelgetett álma volt”. A tragédia az út utolsó szakaszában, Danakilföldön már játszódtott le, amikor az újonnan érkezett kollégákkal, utazókkal kibővült csapat már szétvált. Öten elindultak az Erta Ale híres vulkánvidéke felé, míg a szerző egyik úitársával, a kiváló középiskolai tanárral, GRUBER LÁSZLÓVAL már hazafelé tartott, így nekik nem kellett átélniük azokat a szörnyű percek... A könyv természetesen kitér a tragédia körülményeire, és miközben méltatja az áldozatul esetteket, arra is rámutat, hogy a sajtóban megjelent, az utazókat hibáztató írások téves információival szemben egyáltalán nem a könnyelműség, hanem a kiszámíthatatlan véletlen okozta a tragédiát. És itt, a nagy civilizáció közepén a távoli tájaktól rettegek azt se feledjék, hogy európai fővárosok utcáin is bármikor bármelyikünk ugyanígy egy gonosz terrortámadás áldozatául eshet.

Társaságunk legújabb kitüntetteje, SZILASSI PÉTER azonban nemcsak utazott Etiópiában társaival, hanem arra is vállalkozott, hogy a látottakat közkinccsá tegye. Könyve írásakor a legjobb magyar elődök által meghonosított hagyomá-

nyokat követve arra törekedett, hogy a kalandok ismertetésében is bővelkedő színes útleírás egyesítse a szakkönyv szikár szaktudományosságával. Ezt alapjában véve sikerrel valósítja meg, így a könyv egyszerre olvasmányos, ugyanakkor a földrajzi ismeretek terjesztője is. Ezt azért is meg kell becsülnünk, mert egyrészt az igényes útleírás, mint műfaj lényegében kiveszőben van, vagy legalábbis olyan ritka, mint a fehér holló... Helyét átvették a sokszor magamutogató blogok, amelyek sajnós nem ritkán tele vannak földrajzi sületlenségekkel, pongyola fogalomhasználattal.

A könyv időrendi sorrendben, a megtett utat követve idézi fel az út során tapasztaltakat, és ad az adott látnivaló jellege alapján egy-egy tematikus összefoglalást. A szerző sokszor rácsodálkozik a látottakra, ennek eredménye pl. még a könyv elején a közlekedés mindennapi viszontagságainak igen szemléletes leírása, vagy az olcsóbb szálláshelyek és társadalmi környezetük jellemzése. Földtudományi szempontból legérdekesebbek talán a nemzeti parkokról és a világörökségekről szóló leírások, amelyek egyúttal lehetővé teszik a fentebb már említett földrajzi-földtani ismeretterjesztést is pl. a lemeztektonikai vonatkozások vagy a kőzetmorfológiai jelenségek bemutatásával. Szerencsésnek mondható, hogy a természeti csodák ismertetését többnyire egy jelentősebb település vagy kulturális emlék bemutatása követi, és mivel a szerző a szubjektív érzelmek kinyilvánítását sem kerüli el, így a könyv nem válik egyhangúvá és túlzottan szakmaivá.

A könyv tehát végigvezeti az olvasót Etiópia leghíresebb és leglátványosabb természeti és kulturális értékein. Megismerhetjük az Awash Nemzeti Park szavannáit, vulkánvidékét és hőforrásait, Babile környékének gránitformáit, a táguló árokrendszer különleges tavait, a Nílust tápláló Tana-tónak és környékének érdekességeit, az ország „tetejének”, a magasföldnek, és különösen annak legmagasabb részének, az erőziónan felszabdalt Simien-hegységnek a vulkáni képződményeit, Mekele környékének Arizonára és Utahra emlékeztető homokkőtornyait. És persze a sajátos arcú és hangulatú településeket Harartól Lalibelán, Gondar és Akszúmon át Mekeléig, amelyek helyenként különleges kulturális értékekkel rendelkeznek, sőt világörökségekkel dicsekedhetnek. Közben természetesen képet kapunk az ország történelmének

legfontosabb időszakairól, azok eseményeiről is. A könyv végén még megismerkedhetünk magyar utazóknak a térség feltárásában, megismertetésében játszott szerepével, továbbá az Etiópia csodái iránt részletesebben érdeklődők bőséges irodalomjegyzékét is találhatnak. Afféle függelékként pedig az út során látott és megfigyelt állatvilágról ad tételes fajlistát VIZLER CSABA, az expedíció biológus tagja. A leírtakat természetesen számtalan szép színes fénykép és több térkép, valamint ábra egészíti ki.

Persze a könyv értékei mellett azért említjük meg, hogy bizony néhány apróbb hiba is tetten érhető, amelyek talán elkerülhetők lettek volna. Csak példaként néhányat kiragadva: a magassági öv neve a szövegben woyna dega, a térképen Weina Dega; a joggal Etiópia „fekete aranyának” nevezett kávé két híres faja közül az egyik latin neve a szövegben és a kávétermesztés területeit bemutató térkép címében *Coffea canephora*, ugyanakkor viszont a térkép jelmagyarázatában *Coffea robusta* stb. Helyenként elő-előfordulnak a szövegben ismétlődések is, és nem igazán érthető, miért volt szükség a 90 lábjegyzetre;

vannak köztük feleslegesek, amelyek nyugodtan elhagyhatók lettek volna, érdemi információt tartalmazó túlnyomó többségüket viszont a szerző a szöveg részeként is megírhatta volna, nehéz kitalálni, mi indokolta, hogy lábjegyzetbe kerültek. Itt-ott a nyelvhasználat is lehetne igényesebb; ugyanakkor más esetekben szellemes nyelvi fordulatok jelennek meg, közülük talán egyet érdemes kiemelni: „minden igénytelenséget kielégítő” szállás. Amit még muszáj szóvá tenni: rettenetesen hiányzik a könyvből egy nagyobb méretarányú, legalább egy egész oldalt kitöltő részletesebb térkép Etiópiáról.

De ezek a kisebb hibák eltörpülnek a könyv értékei mellett, és összefoglalva elmondható, hogy SZILASSI PÉTER könyve egy magyarok által alig-alig ismert távoli afrikai országot és világot ismertet meg az olvasóval érdekfeszítően és a tudományos ismeretterjesztés általános szintjét meghaladóan, kitűnő segédkönyv a regionális földrajz oktatásához, és a nehézségek őszinte ecsetelése ellenére alighanem kedvcsináló az odautazni szándékozók számára.

HORVÁTH GERGELY – KARANCSI ZOLTÁN

# MAGYAR FÖLDRAJZI TÁRSASÁG

ALAPÍTVÁ: 1872

## Tisztikar

---

*Elnök:* GÁBRIS GYULA professor emeritus

*Tiszteletbeli elnök:* PAPP-VÁRY ÁRPÁD ny. egyetemi tanár

*Alelnökök:* KOVÁCS ZOLTÁN akadémikus, kutatóprofesszor, tsz. egyetemi tanár;

MICHALKÓ GÁBOR tudományos tanácsadó, egyetemi tanár

*Főtitkár:* MARI LÁSZLÓ egyetemi docens

*Titkár:* ERÖSS ÁGNES geográfus

*Ügyvivő:* HEILING ZSOLT

*Felügyelőbizottság elnöke:* TINER TIBOR tudományos főmunkatárs

## Választmány

---

AUBERT ANTAL szakosztályelnök, intézetigazgató	KOROMPAI ATTILA ny. egyetemi docens
BAKOS MÁRIA középiskolai tanár	KUBA GÁBOR iskolaigazgató
BUIDOSÓ ZOLTÁN főiskolai tanár	KUBASSEK JÁNOS múzeumigazgató
CSAPÓ TAMÁS tsz. főiskolai tanár	KUNOS GÁBOR szakosztályelnök, villamosmérnök
DÁVID LÓRÁNT osztályelnök, tsz. főiskolai tanár	KÜRTI GYÖRGY iskolaigazgató
DOBOS ANNA főiskolai docens	LENNER TIBOR egyetemi docens
DOROGI LÁSZLÓNÉ középiskolai tanár	LERNER JÁNOS osztályelnök
EGEDY TAMÁS tudományos főmunkatárs	LÓCZY DÉNES tsz. egyetemi tanár
FARSANG ANDREA egyetemi docens	M. CSÁSZÁR ZSUZSANNA osztályelnök, egyetemi docens
FRISNYÁK SÁNDOR ny. egyetemi tanár, osztályelnök	MÁJAI CSABA osztályelnök
GERHARDTNÉ RUGLI ILONA szerkesztő	MAKÁDI MARIANN szakosztályelnök, főiskolai docens
GRUBER LÁSZLÓ középiskolai tanár	MUCSI LÁSZLÓ osztályelnök, egyetemi docens
GYENIZSE PÉTER egyetemi docens	NAGY BALÁZS egyetemi docens
GYŐRI RÓBERT tsz. egyetemi docens	OROSZI VIKTOR egyetemi adjunktus
GYURICZA LÁSZLÓ osztályelnök, egyetemi docens	PAP NORBERT osztályelnök, tsz. egyetemi docens
GYURIS FERENC egyetemi adjunktus	PÁL VIKTOR egyetemi docens
HANUSZ ÁRPÁD egyetemi tanár	RADICS ZSOLT egyetemi adjunktus
HEVESI ATTILA osztályelnök, ny. egyetemi tanár	SIMON GYÖRGY középiskolai tanár
HORVÁTH GERGELY főiskolai tanár	SISKÁNÉ SZILASI BEÁTA egyetemi docens
HUSZTI ZSOLT osztályelnök, intézetigazgató	SUBA JÁNOS szakosztályelnök, térképész
ILLÉS SÁNDOR alapítványi elnök	SZALAI KATALIN főiskolai docens
JANKÓ ANNAMÁRIA térképész, igazgató	SZILASSI PÉTER egyetemi docens
JENEY LÁSZLÓ egyetemi adjunktus	SZÖRÉNYINÉ KUKORELLI IRÉN osztályelnök, tudományos tanácsadó, egyetemi tanár
KARANCSI ZOLTÁN tsz. egyetemi docens	TEPERICS KÁROLY osztályelnök, egyetemi adjunktus
KARÁTSON DÁVID szakosztályelnök, tsz. egyetemi tanár	TIMÁR JUDIT osztályelnök, tudományos főmunkatárs
KIS ÉVA tudományos főmunkatárs	TÓTH ANTAL osztályelnök, főiskolai docens
KIS JÁNOS középiskolai tanár	TRÓCSÁNYI ANDRÁS szakosztályelnök, tsz. egyetemi docens
KISS EDIT ÉVA tudományos tanácsadó, egyetemi tanár	VIZI ISTVÁN osztályelnök
KLINGHAMMER ISTVÁN szakosztályelnök, akadémikus	VIZY ZSOLT középiskolai vezetőtanár
KOCSIS KÁROLY intézetigazgató, akadémikus	
KÓKAI SÁNDOR tsz. főiskolai tanár	

**A Közgyűlés által megválasztott tiszteleti tagok a Magyar Földrajzi Társaság  
Választmányának örökös tagjai.**

## Krónika

Emlékkő és emléktábla Cholnoky Jenő tiszteletére – RYBÁR OLIVÉR .....	85
Lóki József 70 éves – SZABÓ SZILÁRD .....	87

## Irodalom

Plihál Katalin: Nyomatott magyar föld- és éggömbök 1840–1990 – KLINGHAMMER ISTVÁN .....	89
Dávid Beáta–Barna Ildikó–Bóna Veronika–Hegedűs Réka–Izsák Éva: A rendszerváltás családtörténetei – Huszonöt év Budapest árnyékában – HALÁSZ LEVENTE .....	91
Nagy Egon: A román-magyar határrégió és határ menti együttműködések a Kárpátok Eurorégióban – LAKATOS ARTUR .....	93
Szilassi Péter: Etiópia geográfus szemmel – Ami a bulvárhírekből kimaradt – HORVÁTH GERGELY –KARANCSI ZOLTÁN .....	95

## TÁMOGATÓINK:



Kiadja a MAGYAR FÖLDRAJZI TÁRSASÁG  
A Nemzeti Kulturális Alap és a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával  
A kiadásért felel: Mari László  
Tördelés és nyomdai előkészítés: Bonex Press Kft.  
Borítóterv: Liszi János  
Nyomdai kivitelezés: Heiling Media Kiadó Kft.  
Telefon: (06-1) 231-4040  
Készült 350 példányban  
**HU ISSN 0015-5411**