

# **FÖLDRAJZI TANULMÁNYOK 2018**

**Szerkesztette:**

**Fazekas István, Kiss Emőke, Lázár István**

**DEBRECEN, 2018**

A kötet megjelenését támogatta:



Meridián Táj- és  
Környezetföldrajzi Alapítvány

**Lektorok:**

Csorba Péter  
Kozma Gábor  
Rózsa Péter  
Teperics Károly

**Borítóterv:**

Lázár István

**ISBN: 978-963-508-897-3**

Felelős kiadó: MTA DTB Földtudományi Szakbizottság  
4032 Debrecen, Thomas Mann u. 49.

# TARTALOMJEGYZÉK

<a href="#"><u>Magyarország Nemzeti Atlaszának új kiadása</u></a>	
<i>Kocsis Károly, Nemerikényi Zsombor</i> .....	7
<a href="#"><u>A rendszerváltás szerepe a környezet állapotának változásában. Ami a Magyar Nemzeti Atlasz környezetvédelmi fejezetéből kimaradt</u></a>	
<i>Kerényi Attila, Fazekas István, Túri Zoltán</i> .....	13
<a href="#"><u>Az éghajlatváltozás aktuális globális és hazai fejleményei</u></a>	
<i>Mika János</i> .....	19
<a href="#"><u>A földrajz és a munkerőpiaci elvárások</u></a>	
<i>Homoki Erika</i> .....	25
<a href="#"><u>Földrajzi problémák – problémás földrajz. Dilemmák az új NAT földrajzképe kapcsán</u></a>	
<i>Pete József</i> .....	29
<a href="#"><u>Módszertani ötletek turizmusföldrajzi ismeretek tanításához két tanítási nyelvű szakgimnáziumi képzésben</u></a>	
<i>Kapusi János</i> .....	33
<a href="#"><u>A vízlábnyom használhatósága a földrajz oktatásban</u></a>	
<i>Kürti Livia</i> .....	37
<a href="#"><u>A fényszennyezés oktatási vonatkozásai a földrajz tantárgyban</u></a>	
<i>Apró Anna, Homoki Erika, Mika János, Sütő László</i> .....	41
<a href="#"><u>A Problémaalapú Tanulás alkalmazásának lehetőségei a hazai földrajzoktatásban</u></a>	
<i>M. Császár Zsuzsanna, Varjas János, Farsang Andrea</i> .....	45
<a href="#"><u>Szemcseméret hatása a lösz-paleotalaj sorozatok reflektancia méréseinek eredményeire</u></a>	
<i>Szeberényi József, Varga György</i> .....	49
<a href="#"><u>A paleogeomorfológiai helyzet jelentősége a paleotalajokban található felület alatti bevonatok stabil izotóp összetételének értelmezése során</u></a>	
<i>Barta Gabriella, Bradák Balázs, Novothny Ágnes, Markó András, Szeberényi József, Kiss Klaudia, Kovács József</i> ....	55
<a href="#"><u>A parterózió és kanyarulatfejlődés dinamikája a Hernád magyarországi szakaszán</u></a>	
<i>Blanka Viktória, Kiss Tímea</i> .....	59
<a href="#"><u>Felszínfejlődési rekonstrukciós vizsgálatok Eger környéki régészeti feltárások esetében</u></a>	
<i>Dobos Anna, Mester Zsolt</i> .....	63
<a href="#"><u>Szállítóközeg nélküli lejtős tömegmozgások térképezése a Bükkalja medencéiben</u></a>	
<i>Pecsmány Péter, Hegedűs András, Vágó János</i> .....	67
<a href="#"><u>Természetes kőzettestek minősítése a Bükk hegységben</u></a>	
<i>McIntosh Richard William, Encs Balázs</i> .....	71
<a href="#"><u>Felszínmozgásos folyamatok és partfal-rehabilitáció Paks-Dunakömlőd dunai magasparti szakaszán</u></a>	
<i>Balogh János, Viczián István, Kis Éva, Szeberényi József</i> .....	77
<a href="#"><u>A Duna holocén ártérfejlődése a budai Várhegy előterében</u></a>	
<i>Viczián István, Tóth Farkas Márton, Balogh János, Kis Éva, Koczó Fanni, Szabó Máté, Szalai Zoltán, Szeberényi József, Tóth Mária</i> .....	83
<a href="#"><u>A Duna csillaghegyi és római parti szakaszának felszínfejlődése</u></a>	
<i>Viczián István, Szilas Gábor, Balogh János, Kis Éva, Szabó Máté, Szalai Zoltán, Szeberényi József, Tóth Mária</i> .....	87
<a href="#"><u>Őskörnyezet – változások vizsgálata löszös üledékekkel fedett ártéri területeken</u></a>	
<i>Kis Éva, Lóczy Dénes, Schweitzer Ferenc, Szeberényi József, Viczián István, Balogh János</i> .....	91
<a href="#"><u>Reflektancia mérésekből származtatott színindexek alkalmazása a basaharci feltárás szelvényein</u></a>	
<i>Szeberényi József, Barta Gabriella, Bradák Balázs, Csonka Diána, Horváth Erzsébet, Novothny Ágnes, Végh Tamás</i> .	95
<a href="#"><u>A földrajzi környezetben bekövetkezett változások vizsgálata település menti elkerülő útépitkezések térségeiben</u></a>	
<i>Kis Éva, Lóczy Dénes, Schweitzer Ferenc, Viczián István, Szeberényi József, Balogh János</i> .....	101

<a href="#"><u>Geomorfológiai és egyéb szempontú vizsgálatok a bodai radioaktív hulladéklerakó felszíni telephelyének kijelöléséhez</u></a>	
<i>Szeberényi József, Madarász Balázs, Balogh János, Viczián István, Kis Éva, Agárdi Norbert, Koczó Fanni</i>	109
<a href="#"><u>A kivándorlás, mint életstratégia – gazdasági vonatkozások</u></a>	
<i>Siskáné Szilasi Beáta, Halász Levente</i>	113
<a href="#"><u>Német gazdasági szereplők Magyarország tér-képén</u></a>	
<i>J. Stefán Klára</i>	117
<a href="#"><u>Területi egyenlőtlenségek okai és összetevői az iskolarendszerű szakképzésben</u></a>	
<i>Velkey Gábor Dániel</i>	123
<a href="#"><u>Középvárosi ingatlanpiacok térszerkezeti átalakulása az ezred-fordulót követően</u></a>	
<i>Nagy Gábor</i>	127
<a href="#"><u>Digitális nyomok a regionális és települési térszerkezeti vizsgálatokban</u></a>	
<i>Jakobi Ákos</i>	133
<a href="#"><u>Az elektronikus (kis)kereskedelem területi különbségei az Európai Unióban</u></a>	
<i>Tömöri Mihály</i>	137
<a href="#"><u>Települési hulladékok mennyiségi megoszlása az EU térségben a társadalmi-gazdasági mutatók összefüggésében</u></a>	
<i>Hegedűs András, Siskáné Szilasi Beáta, Fajtli József</i>	141
<a href="#"><u>Megújuló energia alapú kiserőművek aránya a magyar településállomány villamosenergia-ellátásában</u></a>	
<i>Kulcsár Balázs</i>	143
<a href="#"><u>Hibrid távfűtés rendszer létrehozásának vizsgálata térinformatikai támogatással</u></a>	
<i>Csontos Csaba, Soha Tamás, Munkácsy Béla, Horváth Gábor, Harmat Ádám, Horváth Gergely, Csüllög Gábor, Szabó Mária</i>	147
<a href="#"><u>A fűtési energiafelhasználás modellezése egy Borsod-Abaúj-Zemplén megyei mintaterületen</u></a>	
<i>Horváth Gábor, Munkácsy Béla, Soha Tamás, Csontos Csaba, Harmat Ádám, Horváth Gergely, Csüllög Gábor, Szabó Mária</i>	153
<a href="#"><u>Az erdészeti biomassza fenntarthatósági kérdései Borsod-Abaúj-Zemplén megyében</u></a>	
<i>Harmat Ádám, Munkácsy Béla, Soha Tamás, Csontos Csaba, Horváth Gergely, Csüllög Gábor, Szabó Mária</i>	157
<a href="#"><u>A felszín közeli szélmező energetikai jellemzői Kárpátalján</u></a>	
<i>Hadnagy István, Tar Károly</i>	161
<a href="#"><u>A biogáz termelés globális helyzete</u></a>	
<i>Szabó György, Salánki Annabella, Fazekas István, Kozma Gábor, Teperics Károly, Szilágyiné Czimre Klára</i>	167
<a href="#"><u>Klímastratégiák Magyarországon</u></a>	
<i>Kiss Emőke, Fazekas István, Szabó György, Kozma Gábor, Teperics Károly, Szilágyiné Czimre Klára</i>	173
<a href="#"><u>Az energiatudatosság témájának megjelenése a földrajz érettségi vizsgán</u></a>	
<i>Ütőné Visi Judit</i>	179
<a href="#"><u>A szennyvízcsatorna hálózat kiépítését követő talajvízminőség változások értékelése</u></a>	
<i>Mester Tamás, Balla Dániel, Szabó György</i>	183
<a href="#"><u>Tartós szennyvíziszap kihelyezés hatása a talaj szénforgalmára</u></a>	
<i>Csányi Katalin, Pálffy Benjámin, Ladányi Zsuzsanna, Barta Károly, Farsang Andrea</i>	187
<a href="#"><u>Ismétlődő nemzetközi vándorlások és a többszörös szelekció</u></a>	
<i>Illés Sándor</i>	191
<a href="#"><u>Menekültek migrációjának néhány földrajzi vonatkozása Európában</u></a>	
<i>Farkas Marcell</i>	195
<a href="#"><u>Az egészségügyi szakemberek nemzetközi vándorlásának lehetséges magyarázatai</u></a>	
<i>Fabula Szabolcs, Boros Lajos, Pál Viktor</i>	199
<a href="#"><u>A magyarországi egészségügyi szakemberek migrációjának médiareprezentációja</u></a>	
<i>Pál Viktor, Ilcsikné Makra Zsófia, Lados Gábor, Boros Lajos1, Uzzoli Annamária</i>	203

<a href="#"><u>Az egészségügyi ellátáshoz való hozzáférés területi egyenlőtlenségei – Békés megyei esettanulmány tapasztalatai</u></a> <i>Beke Szilvia, Uzzoli Annamária, Bán Attila, Pál Viktor, Vitrai József</i> .....	207
<a href="#"><u>A foglalkoztathatóság jellegzetességei Magyarország településein</u></a> <i>Alpek B. Levente, Tésits Róbert</i> .....	211
<a href="#"><u>„Amiről nem beszélünk” – Emlékezetpolitika és etnikai törésvonalak Vukováron</u></a> <i>Balázs Dániel</i> .....	217
<a href="#"><u>A görög katolikus népesség térbelisége Magyarországon 1910-2011 között</u></a> <i>Bajmócy Péter</i> .....	223
<a href="#"><u>Évszázadok közigazgatás földrajzi változásai Segesváron és térségében</u></a> <i>Elekes Tibor</i> .....	227
<a href="#"><u>Közép-Európai tájpolitikák</u></a> <i>Filepné Kovács Krisztina, Paloma De Linares, Iváncsics Vera, Anita Kukulska, Magdalena Wilkoszmacarczyk, Kararzna Cegiela, Marta Szylar, Tomasz Noszczyk, Valánszki István</i> .....	231
<a href="#"><u>Természetföldrajzi kistájak határának és nevének módosítási lehetőségei komplex tájökölógiai szemlélet segítségével Délkelet-Magyarországon</u></a> <i>Deák József Áron</i> .....	235
<a href="#"><u>Antropogén holygatottság a Bükk-vidéken</u></a> <i>Sütő László, Balogh Szabolcs, Rózsa Péter</i> .....	239
<a href="#"><u>A hagyományos szőlőtermesztés terménydiverzifikációjának tájökölógiai vonatkozásai</u></a> <i>Lóczy Dénes, Dezső József</i> .....	243
<a href="#"><u>Kulturális ökoszisztéma szolgáltatások közösségi térképezése a Váci járásban</u></a> <i>Valánszki István, Jombach Sándor, Filepné Kovács Krisztina</i> .....	247
<a href="#"><u>Képes-e egy nemzeti park a regionális fejlődést előmozdítani? - Az Aggteleki Nemzeti Park speciális esete</u></a> <i>Telbisz Tamás, Mari László, Gruber Péter, Kőszegi Margit, Bottlik Zsolt, Standovár Tibor</i> .....	251
<a href="#"><u>Víznyomjelzéses vizsgálatok a Haragistya – Szilice – Borzova karszterületen, valamint a Baradla–Domica-barlangrendszer területén</u></a> <i>Gruber Péter, Balázs Ilma, Serfőző Antal, Gaál Lajos</i> .....	255
<a href="#"><u>Szabályozások hatására megváltozó medermintázat az Alsó-Tiszán: El fognak tűnni az övzátonyok?</u></a> <i>Kiss Tímea, Horváth Roland, Fiala Károly</i> .....	259
<a href="#"><u>A gyalogakác (Amorpha fruticosa) szerepe a hullámtéri növényzetsűrűség növekedésében és hatása a hullámtér vízvezető-képességére</u></a> <i>Nagy Judit, Kiss Tímea, Fehérváry István</i> .....	263
<a href="#"><u>Aszály- és vegetációs index értékelés Duna-Tisza közti erdőknél 2000-től napjainkig</u></a> <i>Kovács Ferenc, Gulácsi András</i> .....	267
<a href="#"><u>Talajklíma vizsgálatok Debrecen környezetében 2015-2017 közötti adatsorokon</u></a> <i>Kovács Tamás, Buday Tamás, Lázár István, Csákberényi-Nagy Gergely, Novák Tibor</i> .....	271
<a href="#"><u>A természeti és kultúrtörténeti egyedi tájértékek szerepének vizsgálata a fejlesztési tervekben, egy bükkaljai település példáján alapján</u></a> <i>Dobos Anna</i> .....	275
<a href="#"><u>Statisztikailag város – Városiasság a várossá nyilvánítások tükrében</u></a> <i>Karsai Viola, Trócsányi András</i> .....	279
<a href="#"><u>Differenciálódás, elzártság, fejlesztési kérdések külterületi lakott helyeken – Esettanulmányok a Mezőföldről</u></a> <i>Masinka Kitti</i> .....	285
<a href="#"><u>A perforálódó települések társadalmi helyzete a Baranyai-Hegyhát területén – Egy kutatás előzetes eredményeiről</u></a> <i>Máté Éva</i> .....	289
<a href="#"><u>Tér-érték vizsgálatok a települési térben</u></a> <i>Nagyné Molnár Melinda</i> .....	295

<a href="#"><u>Nagyvárosok területi növekedésével kapcsolatos fogalmak értelmezése és bemutatása Veszprém példáján</u></a> <i>Ivancsics Vera, Filepné Kovács Krisztina</i> .....	299
<a href="#"><u>A Mohácsi-terasz középkori településhálózatának vizsgálata</u></a> <i>Gyenizse Péter</i> .....	305
<a href="#"><u>Felszínhőmérséklet térképezése Debrecenben</u></a> <i>Jombach Sándor, Valánszki István, Filepné Kovács Krisztina, Li Huawei, M. Szilágyi Kinga</i> .....	309
<a href="#"><u>Kék és zöld infrastruktúra növekvő jelentősége városi környezetben Szeged példáján</u></a> <i>Ladányi Zsuzsanna, Blanka Viktória, Gulyás Ágnes, Kiss Márton, Sipos György, Mezősi Gábor</i> .....	313
<a href="#"><u>Változások a város-vidék dichotómia karakterében</u></a> <i>Dancsokné Fóris Edina, Filepné Kovács Krisztina</i> .....	317
<a href="#"><u>A „területfejlesztés geoökonómiája” – Néhány gondolat a területfejlesztés geopolitikai-geoökonómiai vonatkozásairól</u></a> <i>Tőkés Tibor</i> .....	321
<a href="#"><u>A hazai önkormányzatok településmarketing tevékenységét elősegítő információs eszközök vizsgálata</u></a> <i>Kovács Viktória Kinga</i> .....	325
<a href="#"><u>A rövid ellátási és élelmiszerláncok társadalomföldrajzi vizsgálata</u></a> <i>Németh Mercédesz, Kovács Viktória Kinga, Patkós Csaba, Ruskai Csaba, Tóth Antal</i> .....	329
<a href="#"><u>Duna-menti regionális identitás, kooperáció és fejlesztési lehetőségek a rejtett (szellemi) kulturális tőke segítségével</u></a> <i>Orbán Annamária</i> .....	333
<a href="#"><u>Kulturális attitűdvizsgálat a Dél-Dunántúlon – A kastélyhasznosítás lokális hatásai</u></a> <i>Péterfi Judit</i> .....	337
<a href="#"><u>Hidak az Ipoly mentén</u></a> <i>Sallay Ágnes, Mikházi Zsuzsanna, Máté Klaudia, Szabó Zita</i> .....	341
<a href="#"><u>A zöld és kék mikrohálózatok szerepe a dél-alföldi települések élhetőségében Szentes és Szeged példáján</u></a> <i>Korom Annamária, Hornyák Sándor János, Korom Pál Ferenc</i> .....	345
<a href="#"><u>Az Országos Pályaépítési Program térbelisége</u></a> <i>Kozma Gábor</i> .....	349
<a href="#"><u>A nemzetközi szállodaláncok terjeszkedési aktivitása a Visegrádi Együttműködés államainak fővárosaiban 2004-től napjainkig</u></a> <i>Kátay Ákos</i> .....	355
<a href="#"><u>A Nagy Mecsetek (Grand Mosques) kora</u></a> <i>Papp-Váry Árpád</i> .....	359
<a href="#"><u>A hazai turisztikai desztinációk tipizálása klaszteranalízis segítségével</u></a> <i>Aubert Antal, Alpek Balázs Levente, Pálfi Andrea</i> .....	361
<a href="#"><u>Közösségi és a kereskedelmi szállásadás viszonya Magyarország nagy tavainál</u></a> <i>Dudás Gábor, Kovalcsik Tamás, Boros Lajos, Vida György</i> .....	365
<a href="#"><u>Tudatos turizmus, fenntartható turizmus Tokaj-Hegyalján</u></a> <i>Drotár Nikolett</i> .....	369
<a href="#"><u>Tanösvények webes geovizualizációja az Upponyi-hegység területén</u></a> <i>Balla Dániel, Szabó Zsuzsanna, Molnár Dávid</i> .....	373
<a href="#"><u>Nekézseny túraútvonal hálózatának kialakítása az ökoturizmus elősegítése érdekében</u></a> <i>Szabó Zsuzsanna, Balla Dániel</i> .....	377
<a href="#"><u>Debrecen városfejlesztésének csomóponti elemei</u></a> <i>Kozma Gábor</i> .....	381

# ASZÁLY- ÉS VEGETÁCIÓS INDEX ÉRTÉKELÉS DUNA-TISZA KÖZI ERDŐKÖN 2000-TŐL NAPJAINKIG

KOVÁCS FERENC, GULÁCSI ANDRÁS

Szegedi Tudományegyetem, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

## Abstract

In the next 35 years 750,000 ha of afforestation is expected while climate change exposes the forests to extreme trials. Afforestation is intense in the Danube-Tisza Interfluve, where the proportion of the trees and the risk of climate change are high as well. For the geographic evaluation MODIS based spectral indices (NDDI, NDWI, NDVI, EVI) were investigated in 2000-2017(2014). The index series do not show trend change. Reduction process is typical for consecutive dry years, but one wet season is sufficient for avoiding the decrease over the longer term. Based on climatology predicts dry years will be constant what reduce the biomass immediately. Vegetation periods are also well-assessed, such as a spring intensity. According to the standardized deviations there are significant biomass reduction areas. Spectral index data and drought index and LANDSAT data show strong relationship.

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, erdő, MODIS, spektrális index

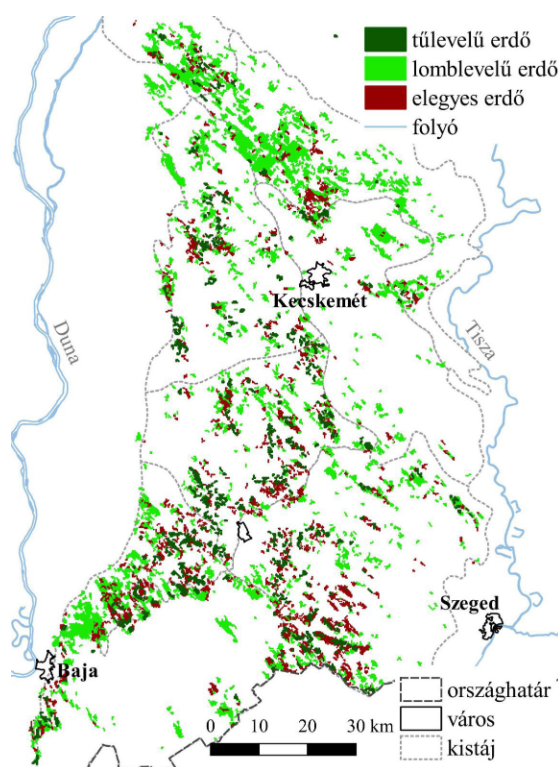
## 1. Bevezetés

Az Alföldön regisztrált klímaváltozás nem átmeneti jelenség és a vegetáció klíma-indikátor szerepe kiemelhető; szélsőségek, trendekjelzője, aminek távérzékelési megfigyelési módszertana hazánkban is alkalmazható. A vegetáció változása indikátor ami a klíma alakulását összekapcsolja a tájjal és a monitoring eszköz a változások küszöbérték meghatározásához. Az előrejelzések miatt indokolt a melegedés folyamatának, illetve az aszályok hatásának nagy időfelbontású, regionális/lokális vizsgálata.

A klímaváltozás ismeretében értékeljük az erdőket érintő következményeket amellet, hogy az extrém időjárási helyzetekkel sújtott területen a klíma mellett a felszínfedettség is heterogén. A föld-használatban a 26%-os erdősültség elérése érdekében 35 év alatt 750.000 ha erdősítés is várható (Internet1), miközben az erdei ökoszisztémák szerint hazánk a klímaváltozás által veszélyeztetett régió (Mátyás et al. 2010). A gyakorlatban kell csökkenteni a hatások mértékét, így annak számszerűsítése, lehatárolása, tervezésbe való bevonása csak tér- és időbeli értékelésekkel valósítható meg.

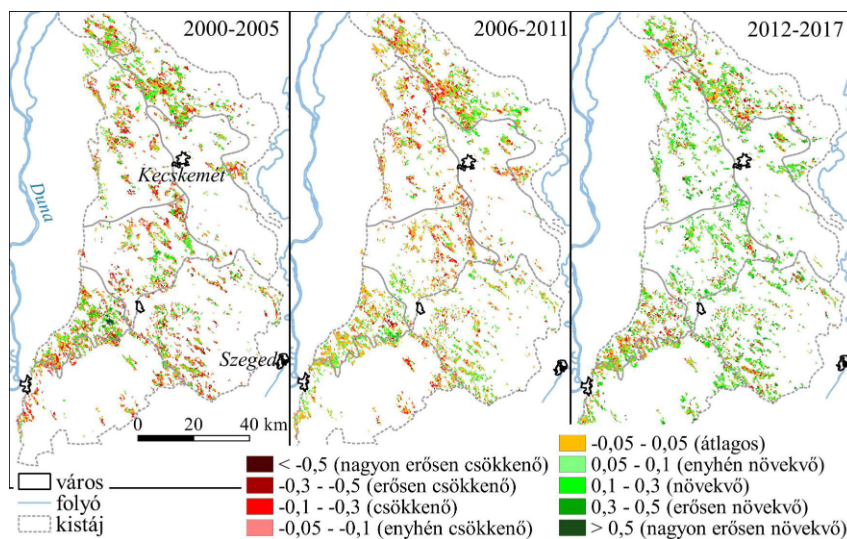
## Környezeti probléma a mintaterületen

A a klímaváltozás által veszélyeztetett Duna-Tisza közén az intenzív erdősítés mellett a fásszárúak aránya magas. Földrajzi értékelésünkett az erdőterületek 2000–2017 nyári félévi monitoring vizsgálatával végeztük. Az általunk felhasznált, 250 és 500 m-es térbeli felbontású MODIS szenzor szerinti raszterhálón a Corine LC térképeken (2000, 2006, 2012) határoltuk le az erdőket. A lomb-, tűlevelű és elegyes erdőket a legalább 2/3 részben fedett pixeleken figyeltük meg, ahol minimum 3 pixel határol le egy foltot (1. ábra).



1. ábra: CLC 2012 alapján vizsgált erdőterületek a 250m-es felbontás esetén





2. ábra: Vegetációs időszakok standardizált és reklasszifikált NDDI átlagértékei

A Duna-Tisza közén a +1,2–1,5 °C / 30 év-es melegedés mellett a Pálfi-féle aszályindex (PAI, PaDI) 1961–1987 közötti 4,4–5,5-es átlaga 1988–2012-ben 5,6–6,6-ra nőtt (Fiala et al. 2014). A talajvízhiány a '60-as évektől mérve 9 km<sup>3</sup> is lehet, ami középtáji lép-tékben csak részlegesen tud pótlódni (Rakonczai–Fehér 2015). Mindezt erősíti, hogy az erdők alatti talajok 98%-a gyengén víztartó! A fenofázis elcsúszásra jellemző, hogy erdeink 20%-át adó fehér akác virágzása a '90-es évekre május végéig tartott és 1952–2000 alapján 4,4 nap/dekád-al is változott (Szabó. et al. 2016).

## 2. Anyag és módszer - műholdkép adatok és spektrális indexek

A regionális monitoring fő adata ma a MODIS. Az MVC (Maximum Value Composit) a 8, illetve 16 napos periódusban adott cellához az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) maximum által prezentált pálya reflektanciáját párosítja; az NDVI<sub>max</sub> értékét a kisebb látószögű cella adja (Solano et al. 2010). Vizsgálatunkban a MOD13Q1, 16 napos, 250 m-es, valamint a MOD09A1 8 napos 500 m-es felbontású adatot használtuk. Az MVC a napi adatnál közelebb áll a terepi adatokhoz (Hmimina et al. 2013).

A pixel alapú minőségi adatok szerinti ellenőrzést programozási megoldásokkal hajtottuk végre (Kovács et al. 2017). Elemzésre alkalmas a mintaterület, ha a leválogatott erdős cellák minimum 80%-a rendelkezésre áll; így a MOD13 468 képes idősorának 95%-át értékelhetjük.

A vegetációs információ legalább 90%-a mérhető spektrális indexekkel, amelyek megfelelő léptékben, a zavaró hatások ellenére – normalizációval – terepi mérésekkel is korrelálnak (Bannari et al. 1995). A multispektrális alapú táji fenológia más, mint az egyedi szintű. A nedvesség alapú vegetációs indexek a vizet elnyelő rövidhullámú infravörös sávval számolnak. Elemzésünkben a MOD13 NDVI és EVI (Enhanced Vegetation Index), és MOD09 alapú NDDI (Normalized Differential Drought Index), értékeket használtuk:

$$\bullet \text{ NDVI} = (\text{NIR}_{858 \text{ nm}} - \text{Red}_{645 \text{ nm}}) / (\text{NIR}_{858 \text{ nm}} + \text{Red}_{645 \text{ nm}}) \quad [1]$$

$$\bullet \text{ EVI} = G \cdot ((\text{NIR}_{858 \text{ nm}} - \text{Red}_{645 \text{ nm}}) / (\text{NIR}_{858 \text{ nm}} + C_1 \cdot \text{Red}_{645 \text{ nm}} + C_2 \cdot \text{Blue}_{469 \text{ nm}} + L)) \quad [2]$$

$$\bullet \text{ NDDI} = (\text{NDVI} - \text{NDWI}) / (\text{NDVI} + \text{NDWI}) \quad [3]$$

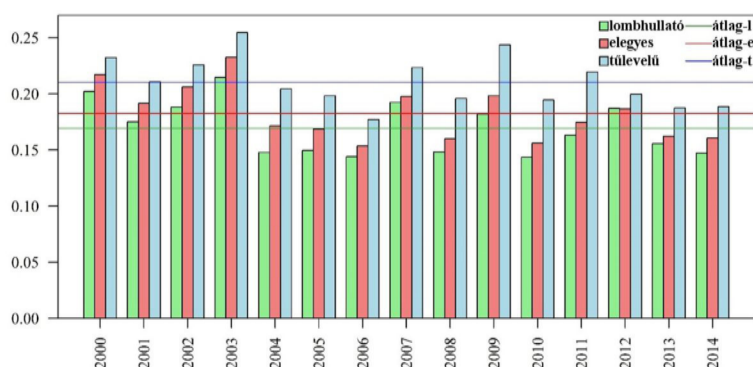
$$\text{NDWI} = (\text{NIR}_{858 \text{ nm}} - \text{SWIR}_{2130 \text{ nm}}) / (\text{NIR}_{858 \text{ nm}} + \text{SWIR}_{2130 \text{ nm}})$$

NIR: közeli infravörös-, SWIR: rövid infravörös-, Red: vörös-, Blue: kék hullámhossz-tartományok; együtthatók értékei: L=1, C<sub>1</sub>=6, C<sub>2</sub>=7,5 és G=2,5.

A standardizált anomália eltérése megadja a veszélyeztetettség mértékét, amely a változó környezetre adott válasz; így meghatározható, hol van szükség erdőgazdasági beavatkozásra (Gulácsi–Kovács 2018).

$$\bullet \text{ Vstandardizált} = (VI_{ij} - VI_{\text{átlag}_{ij}}) / VI_{\text{szórás}_{ij}} \quad [4]$$

A különböző felszínek standardizált anomália értéke együtt fut a Pálfi-aszályindex értékekkel és az aszály mértékét jellemző negatív eltéréssel határozza meg a mintaterületünkön (Ladányi–Blanka 2014).



3. ábra: NDDI medián és átlagtól való eltérése a vizsgált erdőtípusoknál



1. táblázat: NDVI/EVI kapcsolata PAI-val (2000–2010)

	NDVI~PAI (R <sup>2</sup> )	EVI~PAI (R <sup>2</sup> )
Lomblevelű erdők	0,76 ***	0,72 ***
Tülevelű erdők	0,74 ***	0,72 ***
Elegyes erdők	0,85 ***	0,76 ***

\*\*\* p&lt;0,001

### 3. Eredmények

#### Erdős vegetáció EVI/NDVI/NDDI értékelése 2000-tól

A medián értékek jelzik az NDVI telítettségi problémát ( $NDVI_{\text{lomb}} < 0,85$ ;  $EVI_{\text{lomb}} < 0,59$ ). Az EVI a különböző vegetációkat jobban lehatárolja; a lomblevelű- és tülevelű erdő közötti különbség 25% feletti. A mintaterületi szárazodás ellenére a 2000–2017 közötti VI idősor (medián, szélsőértékek, összeg) nem mutat trendszerű változást, amiben szerepe van a 2013-tól erősödő biomassza-produkciónak (pedig 2013. és 2015. országosan aszályosak). Igaz a 18 éves időszakban vannak különböző irányultságú időtartamok; a biomassza-produktum összeg a 2004–2012. évi időszakban például csökkenő. Intenzív év közbeni változás a lomblevelű tavaszi növekedése, de a növekvő VI értékek egy kevésbé esős – és általánosan melegebb – évben gyorsan csökkennek; pl. 2006. utáni 2007-re.

Az egyedülálló nedves, illetve aszályos évek (2010/2015) magasabb/alacsonyabb átlagértékei nem kiugrók. Egy aszályos év értéke vízutánpótlás esetén gyorsan megnő; ez 8-10%-os értéknövekedést jelent a lomblevelű éves biomassza-produkcióban. A lomblevelű index értéke a tavaszi időszakban (03.22–05.08) a 2000–2006, 2007–2013, 2014–2017 éves csoportokat tekintve 14-25%-al is emelkedett, ami igazolja a melegedés miatt egyre intenzívebb kizöldülést. 2007-től a 07.28–08.28-as időszak kritikus, mert – még az általában jobb VI-vel bíró években is – inkább átlag alatti értékek jellemzők.

A standardizált EVI térképek alapján a 2007–2012-es negatív időszak a Duna-Tisza köze D-i és É-i területeinek átlagot el nem érő értékeit nézve akár 2006–2015-re is bővíthető, így a 2013-tól jellemző emelkedő VI értékek a térbeli megoszlás alapján nem általánosak (2. ábra).

NDDI értékeinken jól látszódnak az aszályos évek: 2003, 2007, 2009-ben a legerősebben (Gulácsi–Kovács 2018). Érdekes, hogy a tülevelű erdők az aszályt inkább 2011-ben és nem 2012-ben tükrözik. Aszályos és nem aszályos évek (2003-2004, 2006-2007) a medián értékekben is jelentős különbséget mutatnak (22-30%) (3. ábra).

#### Indexértékek ellenőrzése

A távérzékelési eredményeink ellenőrzésekor PAI aszályindex adatokkal számoltunk lineáris regressziót (Pearson-féle r). NDVI/EVI esetében a CARPATCLIM (Internet2) 2000–2010 közötti cellaértékeit használtuk, amelyek az 1. táblázat szerint szoros kapcsolatot mutatnak. Az NDDI-t és annak részeként külön az NDWI-t az évi átlagos PAI-val hasonlítottuk össze; itt az NDWI kapcsolat volt erősebb ( $r_{\text{NDWI}} = -0,91$ ;  $r_{\text{NDDI}} = 0,64$ ).

### 4. Következtetések

A 2000–2017 közötti vegetációs index adatsorokban az erdő biomassza produktuma összességében nem mutat trendszerű változást. A klímaváltozás földrajzi hatásaként az extrém vízhiányos időszakoknak az erdős vegetációban okozott befolyása az eltérések statisztikai és térbeli megjelenésével jól értékelhető. Ezek gyakoribb előfordulása megfigyelhető csökkenést mutat; például 2004–2012 között. Értékelhetők a vegetációs periódus egy-egy időszakára jellemző módosulások, mint a tavaszi intenzitás változása. Az erdők évtizedes léptékben stabil állapotúak, de rövid időtartamon belül sérülékenyek. A változékony vegetáció megfigyelésében a háromféle fásszárú vegetációt négyféle spektrális indexszel vizsgáló elemzés adatai a környezeti adatok ismeretében is meglepő értékeket produkálnak. A klimatológiai előrejelzések alapján a melegedés folyamata, illetve az extrém száraz, aszályos időszakok előfordulásának gyakorisága fokozódik, ami tartóssá teszi a jelenleg rövidebb időszakokra jellemző biomassza-produktum csökkenést.

Környezeti monitoring vizsgálatunk egyedi jellegét a nagy időfelbontású regionális elemzés adja, amelyet pontos felszínfedettség lehatárolás mellett, a legnagyobb térbeli felbontás használatával értünk el. Az előfeldolgozás és elemzés módszertana eredményül szolgál az automatikus változás-érzékeléshez.

### Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

A kutatást az Interreg-IPA Határon Átnyúló Együttműködési Program keretében és az Európai Unió társfinanszírozásával (IPA) megvalósuló HUSRB/1602/11/0057 WATERatRISK projekt támogatta.

A tanulmányt a K 119193. számú OTKA kutatás támogatta.

### 5. Irodalomjegyzék

- Bannari, A. – Morin, D. – Bonn, F. – Huete, A.R. (1995): A review of vegetation indices. Remote Sensing Reviews 13. pp. 95–120.
- Fiala, K. – Blanka, V. – Ladányi, Zs. – Szilassi, P. – Benyhe, B. et al. (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.
- Gulácsi, A. – Kovács, F. (2018): Drought monitoring of forest vegetation using MODIS-based normalized difference drought index in Hungary. Hungarian Geographical Buletin, 67(1), pp.29–42.

- Hmimina, G. – Dufrêne, E. – Pontailleur, J-Y. – Delpierre, N. – Aubinet, M. – et al. (2013): Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: an investigation using ground-based NDVI measurements. *Remote Sensing of Environment*, 132, pp. 145–158.
- Kovács, F.; van Leeuwen, B.; Ladányi, Zs.; Rakonczai, J.; Gulácsi, A. 2017. Regionális léptékű aszálymonitoringot támogató vegetáció- és talajnedvesség értékelés MODIS adatok alapján. *Földrajzi Közlemények*, 141(1), pp. 14-29.
- Ladányi, Zs. – Blanka, V. (2014): Az aszály és a biomassza produkció kapcsolata In.: Blanka, V. – Ladányi, Zs. (szerk.) *Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban*. SZTE, Szeged, pp. 103–110.
- Mátyás, Cs. – Führe, E. – Berki, I. – Csóka, Gy. – Drüsler, Á. et al. (2010): Erdők a szárazsági határon. *Klíma-21 Füzetek*, 61. pp. 84–97.
- Rakonczai, J. – Fehér, Zs. (2015): A klímaváltozás szerepe az Alföld talajvízkészleteinek időbeli változásaiban. *Hidrológiai Közöny*, 95(1), pp. 1–15.
- Solano, R. – Didan, K. – Jacobson, A. – Huete, A. 2010. MODIS vegetation index user's guide (MOD13 Series) p. 42.
- Szabó, B. – Vincze, E. – Czúcz, B. (2016): Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 60, pp. 1347–1356.

### Isnetnetes források

- Internet1 – Nemzeti Vidékstratégia 2012-2020. Vidékfejlesztési Minisztérium, p. 126. <http://videkstrategia.kormany.hu/download/4/37/30000/Nemzeti%20Vid%C3%A9kstrat%C3%A9gia.pdf> (letöltés ideje: 2018.09.05.)
- Internet2 – <http://www.carpatclim-eu.org/pages/download/default.aspx> (letöltés ideje: 2018.09.05.)