

TÁJ – ÉRTÉK, LÉPTÉK, VÁLTOZÁS

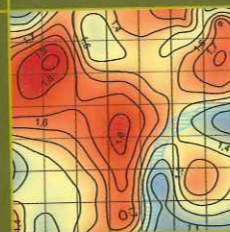
Szerkesztette
Farsang Andrea – Mucsi László – Keveiné Bárány Ilona



Földrajzi és Földtani
Tanszékcsoport



GeoLitera



GEO
Litera

TÁJ – ÉRTÉK, LÉPTÉK, VÁLTOZÁS

GeoLitera

HU ISSN 2060-7067

Kiadó

SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport

Sorozatszerkesztő

Pál-Molnár Elemér

A sorozat szerkesztőbizottsága

Geiger János
Hetényi Magdolna
Keveiné Bárány Ilona
Kovács Zoltán
M. Tóth Tivadar
Mezősi Gábor
Mészáros Rezső
Rakonczai János
Sümegei Pál
Unger János

Címlapfotó: Tolcsvai kőgátak
(Csima Péter: Tájvédelmi célú tájkarakter-elemzések rurális tájban; 58. oldal)

TÁJ – ÉRTÉK, LÉPTÉK, VÁLTOZÁS

Szerkesztette

Farsang Andrea – Mucsi László – Keveiné Bárány Ilona

GEO
Litera

GeoLitera
SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport
Szeged, 2012

TÁJAK TERMÉSZETESSÉGÉNEK ÉRTÉKELÉSE TÁJMETRIAI MÓDSZEREKKEL MAGYARORSZÁG PÉLDÁJÁN

Szilassi Péter, Bata Teodóra

Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
e-mail: toto@geo.u-szeged.hu

1. Bevezetés

Napjainkban a tájak antropogén terhelésének vizsgálata természetvédelmi, konzervációbiológiai, és tájökológiai szempontból is nagy jelentőséggel bír. A tájökológiai, tájöldrajzi irodalom az 1950-es évek közepétől használja a hemeróbia (*hemeroby*) fogalmát a természetes ökoszisztémákra gyakorolt emberi hatások mértékének kifejezésére (Jalas, 1955; Kowarik, 1988; Bastian, Schreiber, 1994). Más szerzők szerint a hemeróbia a tájban megjelenő antropogén eredetű terhelésének összegző értékelésére alkalmas fogalom (Blume, Sukopp, 1976; Sukopp, 1969). A hemeróbia tehát alkalmas lehet a tájban megjelenő antropogén eredetű „zavarás” kifejezésére is. Sok publikációban a hemeróbiát az annak szinonimájaként (illetve annak ellentétpárjaként) értelmezett természetesség (*naturalness*) fogalmával helyettesítik (Hill et al., 2002). Főként az ökológiai, konzervációbiológiai témakörök kutatói használják előszeretettel a természetesség fogalmát a hemeróbia megfogalmazás helyett, míg a tájökológiai,

városökológiai jellegű kutatások során a hemeróbia kifejezéssel találkozhatunk gyakrabban.

A szakirodalom szerint az egyes tájak hemeróbiaszintje annál nagyobb, minél erőteljesebb emberi hatások vannak jelen a tájban, minél átalakítottabb a táj, minél több az antropogén, és minél kisebb a természetes, vagy természetközeli tájelemek aránya. Emellett a tájban megjelenő antropogén eredetű energiabevitel mértékét tartják a hemeróbia szintjét meghatározó harmadik tényezőnek (Machado, 2004).

Az egyes tájakat, tájrészeket hemeróbiaszintjük alapján általában 7 kategóriába sorolták (Rudisser et al., 2012), de találkozhatunk 4 (Grant, 1995), 5 (Haber, 1985), illetve 10 fokozatú (Machado, 2004) skálával is. A hemeróbia mértékének számszerűsíthető értékelését nagyban megnehezíti, hogy az emberi hatások rendkívül összetett módon jelennek meg a tájban, a tájalkotó tényezők (a tájalkotó tényező érzékenységtől, és az antropogén hatás erősségétől is függően) eltérő mértékben reagálnak az emberi hatá-

sokra, ráadásul az egyik tájalkotó tényező antropogén eredetű változása más tájalkotó tényezők változásait is eredményezheti.

A hemeróbia reciprokaként értelmezett természetesség (Machado, 2004) egyik legfontosabb, leggyakrabban használt indikátora a növényzet állapota (Rudisser et al., 2012). Értékelése gyakran botanikai állapotfelmérések, részletes cönológiai felvételezések eredményei alapján történik. A magyarországi kistajak természetességét Bölöni et al. (2008) értékelték a botanikai felméréseken alapuló úgynevezett Természeti Tőke Index segítségével.

A hemeróbia értékelésének indikátorként a leggyakrabban a táj legszembetűnőbb, egyben legkönnyebben azonosítható jellemvonását, a tájképet, illetve annak földfelszíni vetületeként értelmezhető felszínborítást veszik alapul. Kétségtelen tény, hogy az antropogén hatások erőssége gyakran jól kapcsolható bizonyos felszínborítási kategóriákhoz, például beépített területek növekedéséhez, erdőterületek csökkenéséhez stb. (Csorba, Szabó, 2009). A felszínborítás azonban csak közvetett, rendkívül elnagyolt tájékoztatást adhat az egyes tájak hemeróbiaszintjéről, hiszen tematikus hiányosságai miatt például az erdő, mint felszínborítási kategória nem sokat árul el az erdei ökoszisztémák ökológiai állapotáról. Mind a vegetáció állapota, mind a felszínborítás jellemzői fontos indikátorai az egyes tájak természetességének, ám a természetesség valódi mértékének értékeléséhez az összes tájalkotó tényező (talajok, felszíni, felszín alatti vizek, levegő stb.) állapotát együttesen kell figyelembe venni.

A tájökológiai kutatások a tájak térbeli mintázatának jellemvonásait, mozaikosságát, fragmentáltságát többféle céllal, többféle szempontból értékelik (Mezősi, Fejes, 2004a, 2004b; Szabó, 2009; Szilassi, 2010). A tájmintázat metrikus leírása többek között számos adalékkal szolgálhat a tájban

zajló ökológiai folyamatok értékeléséhez is (Bastian, Schreiber, 1994; Csorba, 2006b; Csorba et al., 2006).

Újabb – többek között a komplex hemeróbia mutatók kimunkálásának igénye miatt – egyre elterjedtebben használják a tájak természetességének kifejezésére a tájmintázat mérőszámait (Herzog et al., 2001; Zebisch et al., 2004; Wrba et al., 2004; Winter, Fischer, 2010). A tájökológiai kutatások széles körében használatos tájmetriai mutatók közül jó néhány alkalmas indikátorként a tájakat ért antropogén hatások erősségének számszerűsítésére. Közismert tény például, hogy a tájak szabdaltsága, fragmentáltsága jelentősen növekszik a vonalas infrastruktúra (utak, vasutak) kialakításakor, csökkentve a táj természetességét, növelve hemeróbiáját (Csorba, 2005, 2006a).

2. Alkalmazott módszer

A természetesség kifejezésére alkalmazott indexek közül négy tájmetriai mutatószám értékét számítottuk ki. A vektoros állományokra is könnyen kiszámítható LPI (Largest Patch Index), NP (*Number of Patches*), a MPS (*Main Patch Size*) és az AWMPFD (*Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension*) indexeket választottuk a természetesség értékeléséhez (1. táblázat).

A szakirodalom szerint mind a négy index jól követi a természetesség szint változásait, értékük a hemeróbiával paralel módon, ám indexenként más előjellel változik (Herzog et al., 2001).

Mind a négy tájmetriai mutatószámot az 1:100 000 méretarányú CORINE digitális felszínborítási adatbázis (EEA, 2000) alapján kiszámítottuk az ArcGIS szoftver Vlate kiegészítő panelje segítségével az 1990, 2000, és 2006 évre. Mivel a természetesség meghatározásához táj szintű

1. táblázat – A vizsgálat során a hemeróbiaszint értékeléséhez használt tájmetriai indexek

| Tájmetriai index megnevezése | Tájmetriai index meghatározásának módja | Mérték-egysége | Tájmetriai index változása mint hemeróbia indikátor |
|---|--|---------------------|---|
| LPI (Largest Patch Index) | A legnagyobb méretű CLC felszínborítás folt területének százaléka a vizsgált területegység (pixel) összterületéhez képest | % | Értékének növekedése a hemeróbiaszint növekedését jelzi |
| NP (Number of Patches) | A CLC felszínborítás foltok száma a vizsgált területegységen belül. | db | Értékének csökkenése a hemeróbiaszint növekedését jelzi |
| MPS (Main Patch Size) | A vizsgált területegységek összes területe (jelen esetben a pixelek területe = 100 km ²) osztva a területen belüli CLC felszínborítás foltok számával. | ha | Értékének növekedése a hemeróbiaszint növekedését jelzi |
| AWMPFD (Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension) | A CLC felszínborítás foltok alakjának összetettségét kerület/terület arányuk figyelembe vételével adja meg. Kompaktabb foltok esetében alacsonyabb, fragmentáltabb, tagoltabb foltok esetén kerületük növekedése miatt magasabb lesz az AWMPFD index értéke. | 1-és 2 közötti szám | Értékének csökkenése a hemeróbiaszint növekedését jelzi |

(*landscape level*) mutatószámokat Herzog et al. (2001) körülbelül 10x10 km-es négyzeteken belül vizsgálták, mi is ilyen méretű raszterhálót választottunk az elemzéseink területegységül.

Az eltérő időpontokban (1990, 2000, és 2006) készült Corine Land Cover felszínborítás térképek tájmetriai indexeit raszterként kivonva egymásból kiszámítottuk, hogy az egyes időkeresztmetszetek között hogyan változott az adott tájmetriai mutató értéke. Az 1990–2000, és a 2000–2006 közötti időintervallumokra kiszámolt hemeróbiaszint-változás térképeket összegeztük az alábbi módszerekkel:

Egyrészt vizsgáltuk az egyes hemeróbia-változások irányát pixelenként. Mivel a tájmetriai mutatók közül a NP (*Number of Patches*), és az AWMPFD (*Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension*) indexek esetében értékük csökkenése jelzi a hemeróbiaszint növekedését (1. táblázat), ezért ezeket a tájmetriai mutatókat mínusz eggyel megszorítottuk, hogy összehasonlíthatóak legyenek a többi mutatóval. Ily módon már mind a négy tájmetriai mutató értékének növekedése a hemeróbiaszint növekedésére utalt.

Vizsgáltuk az egyes hemeróbiaszint értékelésére alkalmas tájmetriai indexek változási tendenciáit, azaz hogy mely pixelben nőtt, mely pixelben csökkent az értékük, majd összegezve is értékeltük azokat. Azokat a pixeleket, melyek esetében a vizsgált időszakokban mind a négy tájmetriai mérőszám értéke növekedett, nagy valószínűséggel a növekvő hemeróbiaszintű, ahol mind a négy tájmetriai mérőszám értéke csökkent, azokat nagy valószínűséggel a csökkenő hemeróbiaszintű pixelek közé sorolhatjuk. Azokat a pixeleket, melyeknél a vizsgált négy tájmetriai mutató közül legalább három növekvő értéket mutatott a feltehetően növekvő, illetve melyeknél legalább három esetben értékük csökkent, azokat a feltehetően csökkenő hemeróbiájú kategóriába soroltuk. Amely pixelen belül a tájmetriai változók közül kettő a növekvő, míg kettő a csökkenő hemeróbiaszintre utalt, azokat a „bizonytalan irányú változás” kategóriába soroltuk be.

Az egyes tájmetriai mutatók időszakonkénti változásait nemcsak tendenciájuk alapján, hanem százalékos formában számszerűsítve is összegeztük. A NP (*Number*

of Paches), és az AWMPFD (Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension) indexek értékét mínusz eggyel szoroztuk, ezáltal összehasonlíthatóvá tettük őket egymással. Ezt követően pixelenként kiszámoltuk az egyes tájmetriai mutatók változásának százalékát az adott időszak kezdőévéhez képest az alábbi képlettel:

$$TIN_{t_1-t_2} = \left(\frac{TIN_{t_2} - TIN_{t_1}}{TIN_{t_1}} \cdot 100 \right)$$

ahol,

$TIN_{t_1-t_2}$ az adott tájindex változása százalékban a t_1 és t_2 időpontok között

TIN_{t_1} az adott tájindex értéke t_1 időpontban

TIN_{t_2} az adott tájindex értéke t_2 időpontban

Az egyes tájmetriai mérőszámok százalékban kifejezett változásértékeit 1990–2000, és 2000–2006 között időszakonként összegeztük, így megkaptuk a hemeróbia változásainak összesített értékét százalékban. A négy tájmetriai mutató százalékos változásainak összegét kiszámítva lehetőségünk nyílt a vizsgált időintervallumokban végbement tájváltozás összes hemeróbiaszintjének értékelésére Magyarország teljes területén belül 10x10 km-es felbontásban.

Az összegzett tájindex változásokat öt kategóriába sorolva, tematikus térképeken ábrázoltuk. A legjelentősebb (-50% alatti) csökkenést mutató pixeleket a jelentős hemeróbia csökkenést mutató kategóriába, míg azokat, melyek esetében a tájmetriai mutatók százalékos formában összegzett csökkenése -10 és -50% közé esett, az enyhén csökkenő hemeróbiaszintű területek körébe soroltuk. Azokat a terület egységeket, melyek esetében a tájindexek összegzett változása (növekedése vagy csökkenése) nem haladta meg a 10%-ot, bizonytalan tendenciájú területekként határoztuk meg. Azokat a pixeleket, melyeknél nőtt a hemeróbiaszintre utaló tájmetriai mutatók

értéke, két kategóriába csoportosítottuk. Amelyeknél a növekedés mértéke 10–50% közé esett, az „enyhén növekvő hemeróbiaszintű” területek, míg ahol ez az érték az 50%-ot meghaladó volt, a „jelentősen növekvő hemeróbiaszintű” területek kategóriájába kerültek.

3. Eredmények

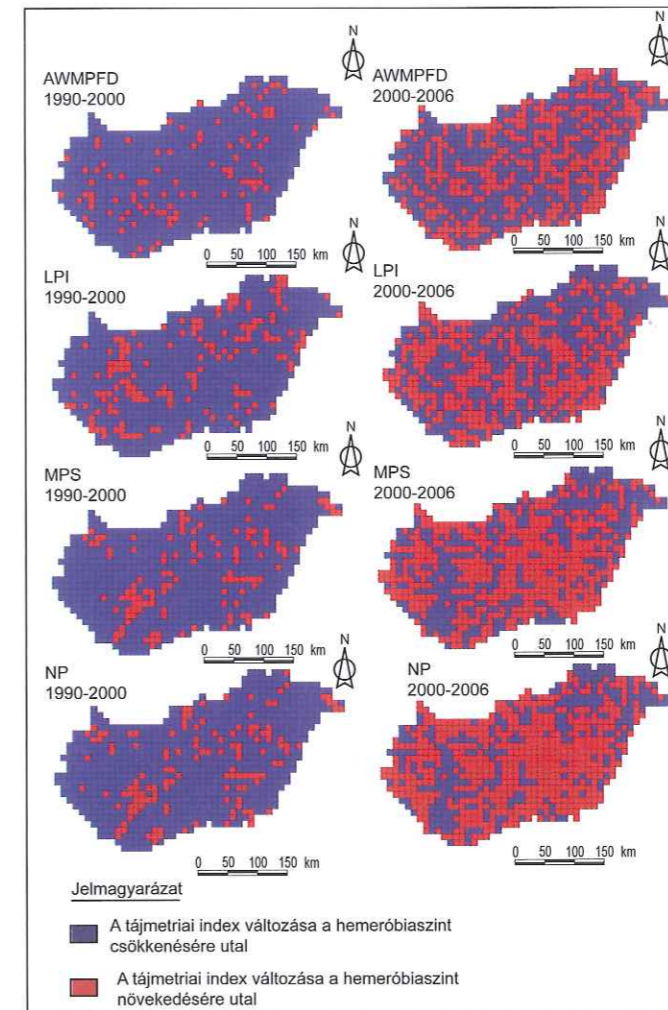
3.1. Egyes tájmetriai mutatók változásának értékelése

A hemeróbiaszint mértékére utalhatnak a tájmetriai mutatók változásai. A vizsgált négy tájindex értéke – miután azokat a módszer bemutatásánál említett módon egymással összehasonlíthatóvá tettük – hasonló irányban változott az 1990–2006 közötti időszakban. Értékük változására általában a csökkenés volt jellemző, csupán néhány elszigetelt kisebb területen tapasztalható növekedés.

A 2000–2006 közötti időszakban a tájmetriai indexek egymáshoz képest szintén nagyon hasonló módon változtak, ám az előző vizsgált időszakkal ellentétben a hemeróbiaszint növekedését jelezték (1. ábra).

3.2. A tájmetriai mutatók változásának együttes értékelése

A tájmetriai indexek összesített értékelésével vizsgáltuk az 1990–2000 és 2000–2006 között végbement tájmintázat változásokat. A metrikus paraméterek változásának tendenciái utalnak arra, hogy milyen módon változott az adott terület hemeróbiája. A négy vizsgált tájindex közül minél több értéke változott ugyanazon előjel szerint, annál valószínűbb a hemeróbia erősödése vagy csökkenése az adott pixelen belül.



1. ábra – A hemeróbiaszint értékelésére alkalmas tájmetriai paraméterek változásának tendenciái 1990–2000, és 2000–2006 között

Az 1990–2000 közötti változások egyértelműen a hemeróbiaszint csökkenését eredményezték Magyarország területén. A tájmetriai mutatók változása alapján nyert adatokból látható, hogy szinte az ország teljes területén csökkent az antropogén hatások erőssége (2. ábra).

A hemeróbiaszint csökkenésének számos oka lehetett. Az alföldi, zömmel mezőgazdasági művelés alatt álló területeken a termelőszövetkezetek felbomlása után

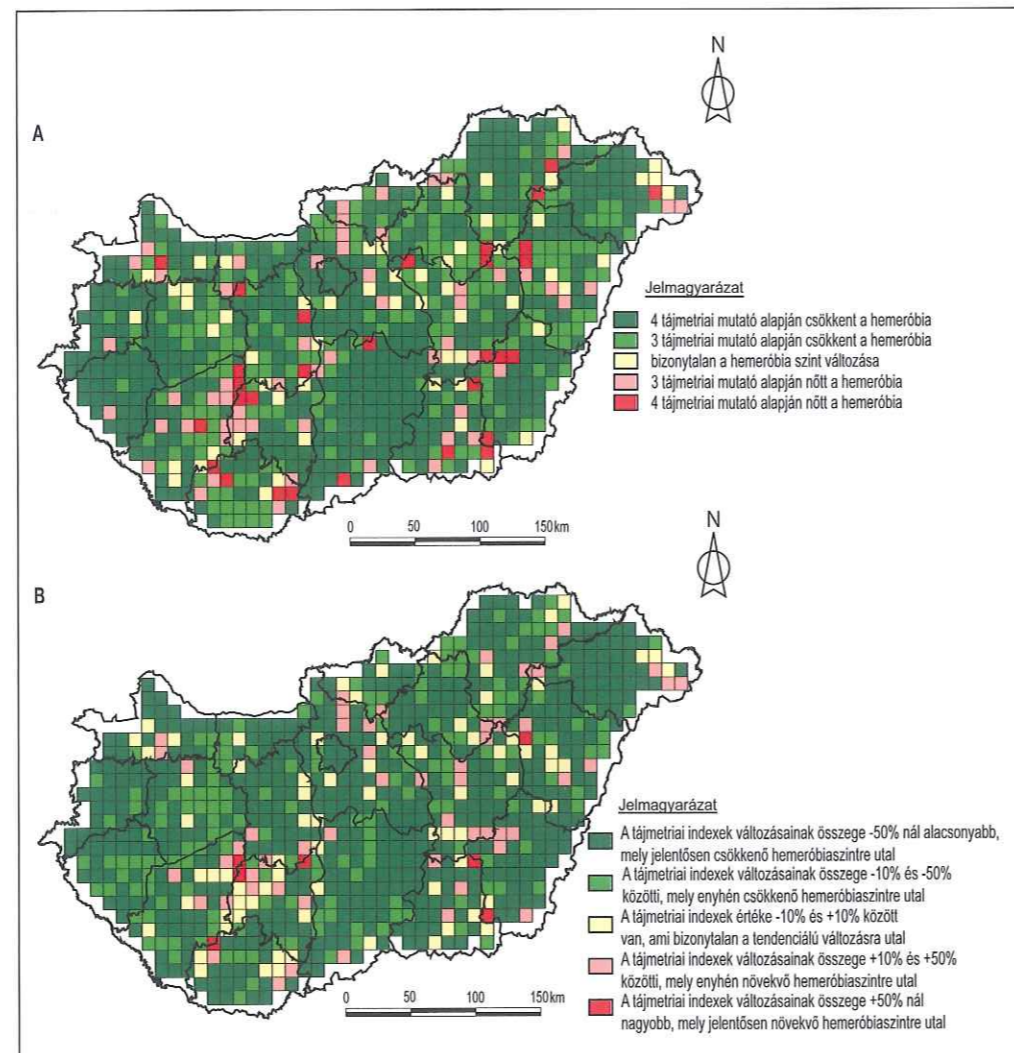
sok új tulajdonos döntött úgy, hogy paragon hagyja a területét. Főként a gyenge termőhelyi adottságú, szél-sőséges vízgazdálkodási tulajdonságú, szikesedésre, erózióra hajlamos területeken hagytak fel a műveléssel. A felhagyott szántókon, legelőkön, spontán cserjésedés, majd erdősődés indult meg, növelve e területek természetességét.

Emellett az egykor nagy jelentőségű ipari központok is megsínyltek a végbement társadalmi-gazdasági változásokat, sorra zárták be a jelentős antropogén terhelést adó nehézipari üzemeket, bányákat. Az 1990-es éveket megelőző „ipari tengelyének” számító középhegyégek területén is nőtt a természetesség, csökkent az antropogén terhelések erőssége.

A 2000–2006 közötti tájmintázat változások alapján elemezve a természetesség, illetve az annak ellentétpárjaként értelmezhető hemeróbia változását jól látható, hogy az ország jelentős ré-

szén az előző időszak tendenciája megfordul, és bár enyhe mértékben, de növekszik a hemeróbia szintje (3. ábra).

A rövid, hat éves vizsgált intervallum miatt sok a bizonytalan irányú változás kategóriájába tartozó pixel. A korábbi időszakra jellemző viszonylag egyenletes csökkenés helyett a korábbi időszakhoz képest területileg sokkal diverzebb térképet kaptunk eredményül a 2000–2006 közötti évek vizsgálata során.

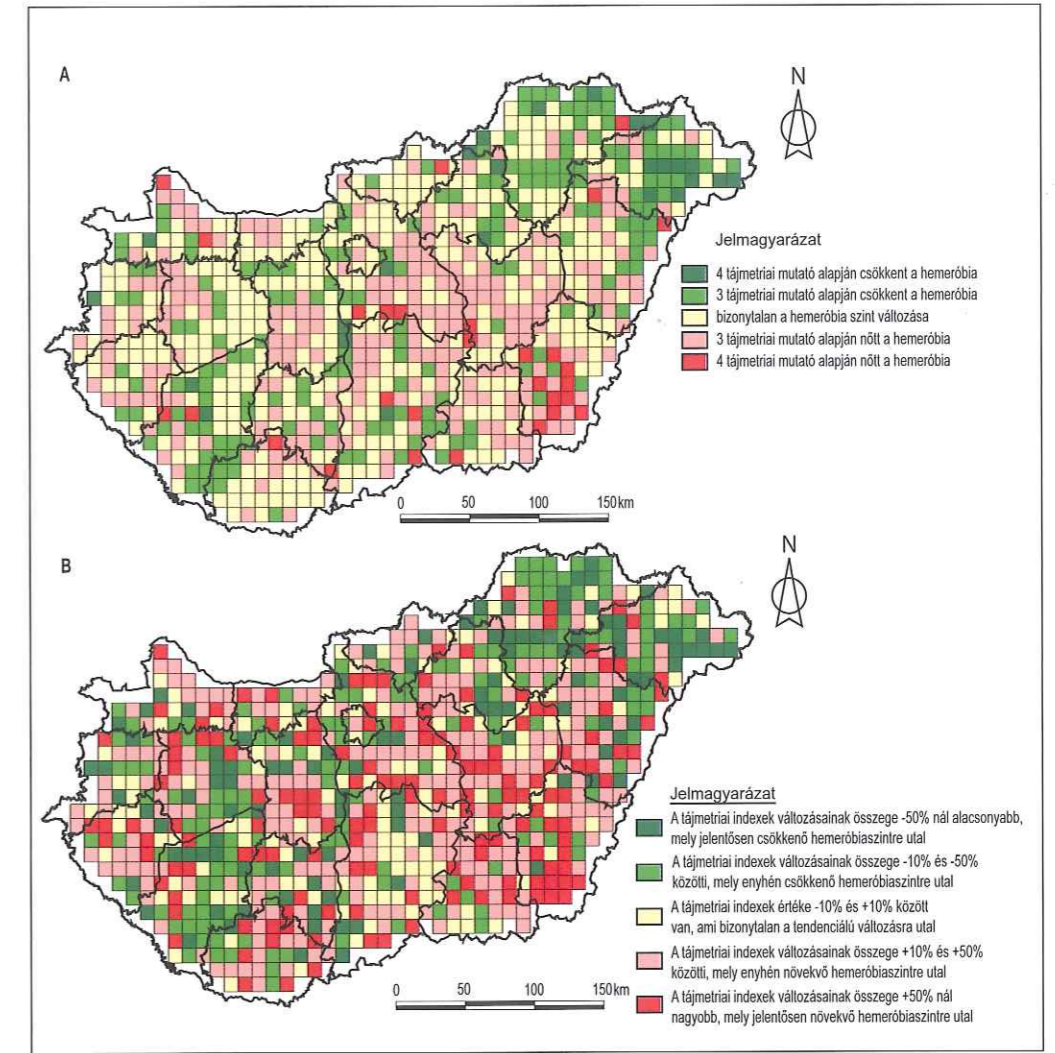


2. ábra – A hemeróbiaszint változására utaló tájmetri indexek változási tendenciái (A), és százalékban kifejezett változásaik összege (B) 1990–2000 között

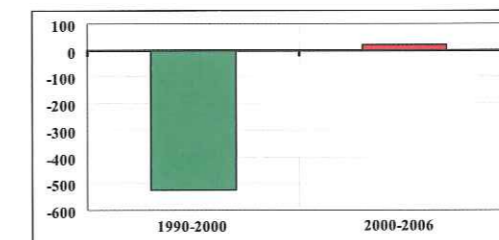
A hemeróbiaszint növekedése egyrészt annak tudható be, hogy a mezőgazdaság 2000-re újból talpra állt, a rendszerváltást követő visszaesés után. Főként a jó termőhelyi adottságú (például a Békés megyei) területeken ismét intenzívebbé vált termelés. Emellett az autópályák építésének következményei (szabdaltság növekedése), is növelhették alföldi megyeink hemeróbiáját. Az ipari termelés élénkítése főként a

Nyugat-Dunántúlon Vas és Zala megyében, illetve Székesfehérvár térségében okozott jelentősebb hemeróbiaszint-növekedést.

Nem meglepő, hogy Magyarország legrosszabb gazdasági mutatókkal rendelkező, magas munkanélküliségi rátával jellemezhető megyéi közül Szabolcs-Szatmár-Bereg, és Borsod-Abaúj-Zemplén megyékben is domináns a csökkenő hemeróbiájú területek aránya. A dunántúli megyék közül a



3. ábra – A hemeróbiaszint változására utaló tájmetri indexek változási tendenciái (A), és százalékban kifejezett változásaik összege (B) 2000–2006 között



4. ábra – A hemeróbiaszint változásának összesített értékelése tájindexek százalékos változásainak összegeként 1990–2000 és 2000–2006 között

Somogy és Veszprém megye területén találunk nagyobb arányban tájmetri mutatói alapján csökkenő hemeróbiájú térségeket, ez az utóbbi megye esetében az ipar és a bányászat visszaesésével magyarázható.

A tájindexek változásait a vizsgált időszakokban Magyarország teljes területén belül összegezve képet kapunk a hazai tájaink hemeróbia-változásának általános tendenciáiról (4. ábra).

4. Összefoglalás

A tájak természetességének, illetve a tájak antropogén terhelésének kifejezésére alkalmas hemeróbiaszint értékelése komplex megközelítést, a tájalkotó tényezők holisztikus megközelítésű vizsgálatát igényli. Bár a kapott eredmények csupán egy tényező, a tájmintázat jellemvonásait tükröző tájmetriai mérőszámok alapján adnak képet a hemeróbiaszint változásairól, mégis alkalmasak arra, hogy tendenciákat, átfogó összeggést adjanak a végbement hemeróbia-változások tendenciáiról. Ezek alapján elmondható, hogy Magyarországon az ökoszisztémát érő antropogén hatások erőssége jelentősen csökkent 1990–2000 között, azonban ez a trend (ugyan kismértékben) megfordulni látszik a 2000–2006 közötti időszakban. A tájmetriai vizsgálatok által képet kaphatunk a hemeróbiaszint-változásának térbeli jellegzetességeiről is.

Irodalomjegyzék

- Bastian, O., Schreiber, F. (1994): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Fischer, Jena, Stuttgart, 564 p.
- Blume, P., Sukopp, H. (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. Schriftenreihe Vegetationskunde, **10**, 7–89.
- Böloni, J., Molnár, Zs., Horváth, F., Illyés, E. (2008): Naturalness-based habitat quality of the Hungarian (semi-)natural habitats. Acta Botanica Hungarica, **50**, 149–159.
- Csorba, P. (2005): Magyarország út- és vasúthálózatának ökológiai tájfragmentációs hatása. ÖKO 8, Budapest, **3–4**, 102–112.
- Csorba, P. (2006a): Hazai tájak ökológiai szempontú szerkezetének vizsgálata. III. Magyar Tájökológiai Konferencia, Szeged, 2006. szeptember **6–7**, CD-ROM.

- Csorba, P. (2006b): Indikátorok az ökológiai tájszerkezet és tájműködés vizsgálatához. In: Kiss, A., Mezősi, G., Sümeghy, Z. (Eds.): Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzorasszony tiszteletére. Szeged, 117–122.
- Csorba, P., Szabó, Sz., Csorba, K. (2006): Tájmetriai adatok tájökológiai célú felhasználása. In: Demeter, G. (Ed.): Földrajzi tanulmányok Dr. Lóki József tiszteletére. Debrecen, 24–34.
- Csorba, P., Szabó, Sz. (2009): Degree of human transformation of landscapes: a case study from Hungary. Hungarian Geographical Bulletin, **58/2**, 91–99.
- EEA (2000): CORINE Land Cover Technical Guide. Addendum, EEA, (European Environment Agency), Copenhagen, 105 p.
- Grant, A. (1995): Human impacts on terrestrial ecosystems. In: O'Riordan, T. (Ed.): Environmental science for environmental management, Singapore, Longman Scientific Technical, 66–79.
- Haber, W. (1985): Zur Umsetzung ökologischer Forschungsergebnisse in politisches Handeln. MAB Mitteilungen 21, Bonn, Deutsches Nationalkomitee, 37 p.
- Herzog, F., Lausch, A., Müller, E., Thulke, H.H., Steinhardt, U., Lehmann, S. (2001): Landscape Metrics for Assessment of Landscape Destruction and Rehabilitation. Environmental Management, **27/1**, 91–107.
- Hill, M.O., Roy, D.B., Thompson, K. (2002): Hemeroby, urbanity and ruderality: Bioindicators of disturbance and human impact. Journal of Applied Ecology, **39**, 708–720.
- Jalas, J. (1955): Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Versuch. Acta Societatis Fauna Flora Fennica, **72**, 1–15.
- Kowarik, I. (1988): Zum menschlichen Einfluß auf Flora und Vegetation. Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West). Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, **56**, 1–280.
- Machado, A. (2004): An index of naturalness. Journal for Nature Conservation, **12**, 95–110.
- Mezősi, G., Fejes, Cs. (2004a): Tájmetria. In: Dövényi, Z., Schweitzer, F. (Eds.): Táj és környezet. MTA FKI, Budapest, 229–242.

- Mezősi, G., Fejes, Cs. (2004b): Tájak ökológiai feltjainak kvantitatív elemzése. II. Magyar Tájökológiai Konferencia, Szeged, 2004. szeptember 2–4, CD-ROM.
- Rudisser, J., Tasser, E., Tappeiner, U. (2012): Distance to nature – A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. Ecological Indicators, **15**, 208–216.
- Sukopp, H. (1969): Der Einfluß des Menschen auf die Vegetation. Vegetatio, **17**, 360–371.
- Szabó, Sz. (2009): Tájmetriai mérőszámok alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata a tájanalízisben. Habilitációs értekezés. Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen, 107 p.
- Szilassi, P. (2010): Térképi adatbázisok összehasonlításának javítása tájmetriai elemzések révén. In: Szilassi, P., Henits, L. (Eds.): Tájváltozás értékelési

- módszerei a XXI. században: Tudományos konferencia és műhelymunka tanulmányai. Szeged, Magyarország, 2009.11.10., SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 25–31.
- Winter, H.S., Fischer, A. (2010): Relative Quantitative Reference Approach for Naturalness Assessments of forests. Forest Ecology and Management, **259**, 1624–1632.
- Wrbka, T., Erb, K.H., Schulz, N.B., Peterseil, J., Hahn, C., Haberl, H. (2004): Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators. Land Use Policy, **21**, 289–306.
- Zebisch, F., Wechsung, H., Kenneweg, M. (2004): Landscape response functions for biodiversity – assessing the impact of land-use changes at the county level. Landscape and Urban Planning, **67**, 157–172.