

A BIOMASSZA-MENNYISÉG REGIONÁLIS VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA A DUNA-TISZA KÖZÉN MŰHOLDFELVÉTELEK ALAPJÁN

KOVÁCS FERENC⁵¹

THE INVESTIGATION OF REGIONAL VARIATIONS IN BIOMASS PRODUCTION FOR THE AREA OF THE DANUBE-TISZA INTERFLUVE USING SATELLITE IMAGE ANALYSIS

Abstract: Quantitative as well as qualitative alterations in the vegetation cover are good indicators of landscape changes. The present paper discusses the problem of the dynamics of vegetation changes in response to short-term climatic changes via the application of remote sensing methods. According to the spatial and temporal analyses of NOAA AVHRR and Terra MODIS satellite images for the determination of vegetation index (NDVI) for the area of the Danube-Tisza Interfluve, embedding a period of several decades, seasonal and trend-like dynamics seem to govern the alterations of the vegetation. The spatial analysis of the result gained may help us delineate the areas, which are potentially in danger of a presumed minor climate change.

BEVEZETÉS

Az ember környezetátalakító szerepének és a valószínűsíthető globális klímaváltozásnak együttes eredményeként az Alföldön jelentős, az utóbbi évtizedekben egyre fokozódóbb víztelenedési folyamat figyelhető meg. A több évtizedes, folyamatos vízhiány által okozott földrajzi folyamatok mára tájváltozásokat idéznek elő (*Kovács F.* 2004), melyet súlyosbít az előrejelzés, miszerint a közeljövőben a degradáció felgyorsulása várható.

A kedvezőtlen folyamatok hatásai gyorsabbak, mint a regeneráció és sajnos a potenciális éghajlatváltozás a hazánkhoz hasonló országok számára "külső", nem befolyásolható tényezőt jelent. A kiszáradás kezdetben számszerűen nehezen igazolható, célszerű tehát a veszélyben lévő, érzékeny területek azonosítására módszereket kifejleszteni, amelyek alapján feltárhatók az éghajlatváltozás következményei és kidolgozhatók fejlesztés stratégiái. *A területfejlesztésben az olyan fejlődésnek lesz realitása, amely az ariditás fokozódásából származó körülményeket figyelembe veszi.* A cél eléréséhez segítséget nyújthatnak azok a részletes térbeli elemzések, melyek e témát illetően nagyon hiányoznak a mai döntéshozás-támogatásból.

⁵¹ Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 6722 Szeged, Egyetem u. 2. E-mail: ferf@earth.geo.u-szeged.hu

A TÁJVÁLTOZÁS ÉRTÉKELÉSE

A tájértékelés új fejezetét jelöli ki az a feltételezés, hogy a földrajzi táj éghajlati adottságaiban, rövidebb időtávlatban is változás várható. **Rakonczai J.** (2000) szerint az ember tájátalakítása az Alföldön ma nem látványos, de hatásai kellő kontrol hiánya esetén jelentősen túlnőhetnek a folyószabályozás következményein is. Ma a tájhasználat-változás a domináns, de a közeljövőben a klímaváltozás léphet előre. A kapcsolatrendszerek átlátásához szerteágazó ismeretek szükségesek, így célszerűbb kiválasztani egy-két uralkodó szerepű, tájökológiai értelmű indikátort, amelyek a kifejezik a változó táji folyamatokat. Magasan szervezett nyílt rendszerről van szó, a tényezők valamelyikének változása (változtatása) az egész struktúra módosulását okozza. Hogy milyen mértékben történik mindez, arra választ adhat a dinamika kutatása, amely a felgyorsuló degradációs folyamatok kapcsán különös fontosságú.

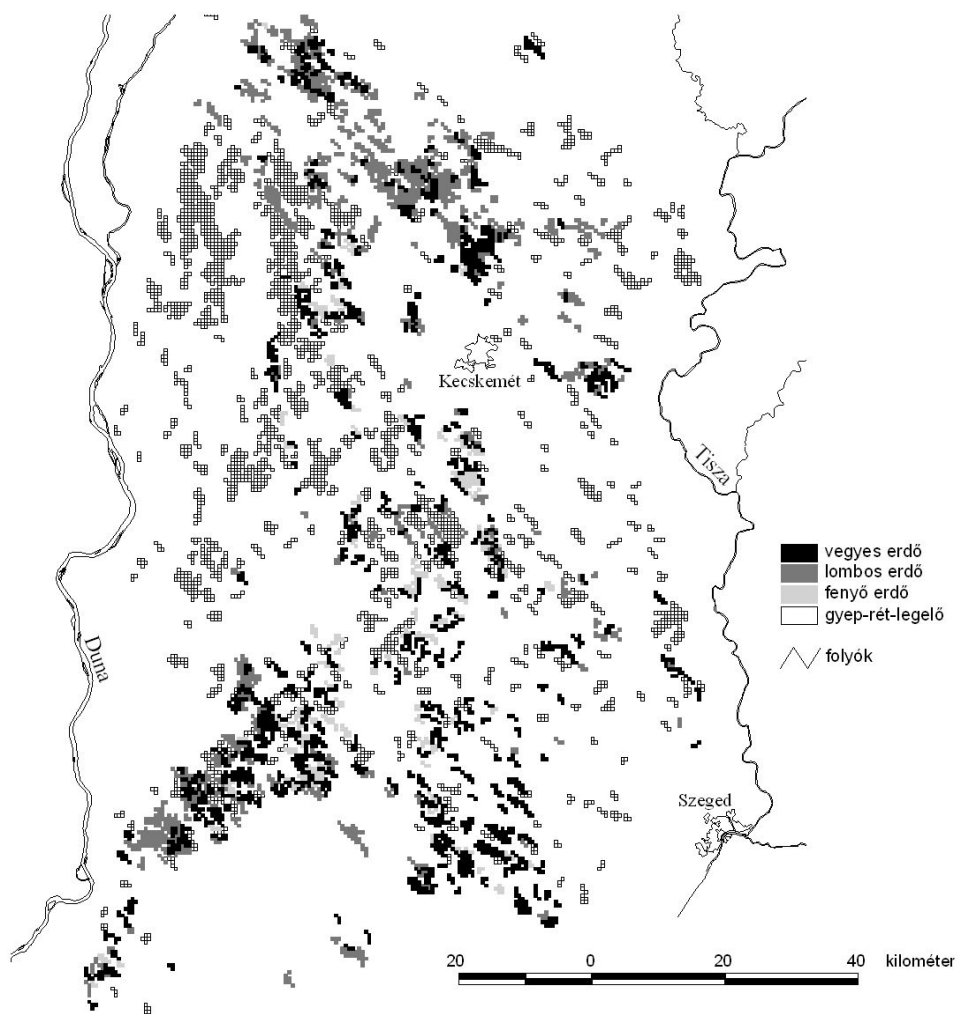
A klímaelemeken kívül nagyon fontos a felszíni elemek nagy időfelbontású regionális vizsgálata. A növényzet jó indikátor lehet, mert az éghajlat olyan tényező, amely a biológiai energiákat mobilizálja. Az erdők válasza a klímaváltozásra kulcsfontosságú tényező és az életfeltételek módosulása a biomassza-mennyiségen keresztül mérhető. A vegetáció elemzése megoldást jelenthet a földrajzi hatások felmérési problémájára is, mert a medencehatás és a különböző éghajlati határozónak miatt a meteorológiai adatok szórása nem mindig mutat egyértelmű változást.

RECENS TÁJVÁLTOZÁSOK TÉNYEZŐI A DUNA-TISZA KÖZÉN

A feltételezhető globális változás következménye az aridifikáció folyamata (**Rakonczai J.** 2003). *A szárazodáshoz tartozó természeti folyamatok hosszú periódusúak, krónikusak és mindenre kiterjednek.* Az aridifikáció – melynek része az emberi beavatkozás is – Magyarországon elsősorban a Délkelet-Alföld és a Duna-Tisza közének területét érinti (**Kovács F. et al.** 2004) (1. ábra). Ezt jól reprezentálja a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) előrejelzése, amely a síkvidéket a klímaváltozás és a helytelen agrárgazdálkodás miatt a félsivatagi jellegű övezetbe sorolja. **Antal E.** (2000) szerint az Alföldön a felszínfedettség, a talajnedvesség és a vegetáció jellemzői alapján egyértelműen megállapítható, hogy a klímaviszonyok alapvetően megváltoztak. Ha egyre gyakoribbá válnak a 2000. és 2003. évi aszályok, amikor fű nélküli foltok terjedtek el, akkor elsivatagosodásról beszélhetünk (**Kovácsné Láng E. et al.** 2005). *Az Alföld egyik legsúlyosabb – a Duna-Tisza közén mintegy 700.000 embert érintő – problémájára még nem született végleges megoldás* (**Csatári B.** 2004).

Mintaterületünk, a Duna-Tisza köze alapvetően érzékeny a változásokra. A csapadékeloszlás miatt a nedvesebb évek sem zárják ki az aszály lehetőségét. Az éghajlati vízhiány évi összege 350 mm-nél is több lehet és a szélsőségek fokozódását a homokfelszín erősíti. Területünkön a talajok mindössze 19%-a mondható jó

vízgazdálkodásának és mintegy 75%-a gyenge, illetve extrém vízgazdálkodású. Az erdők alatti talajok 98%-a gyengén víztartó! A zonális vegetáció a mozaikos erdősztyepp az az átmeneti típusú vegetáció, amely a klímaváltozás érzékeny indikátora. (Ma potenciális erdősztyepp területekről lehet beszélni, mert csak apró maradványok vannak, de az előrejelzések szerinti 1°C-os melegedésnél ez a zóna hazánk 70%-ára terjed ki a lomberdő zóna kárára).



1. ábra Erdő és gyep-rét-legelő területek a Duna-Tisza köze mintaterületen
Figure 1 Forests and grasslands-fields-pastures of the Danube-Tisza Interfluvium study area

A regionális elemzésekben megfigyelt hőmérsékleti emelkedési és a determináló csapadécsökkenési trendek (Szász G. 1997, Szalay, S. – Szentimrey, T. 2001, Pálfai I. 2003, Antal E. 2004), a talajvízcsökkenési trendek (Rakonczai J. –

Bódis K. 2001, Kovács A. 2005), valamint a talajnedvesség változása (**Makra L. et al. 2005**) a legfontosabb módosító tényezők.

AZ ELEMZÉS ALAPELVEI ÉS MÓDSZEREI

Az elemzés a Duna-Tisza közének erdeire, illetve gyepek és legelő területeire összpontosít (*1. ábra*), ahol a jövőben a tájökológiai érték csökkenése várható (**Mezősi G. et al. 1996**). Az erdő az alföldi ökoszisztémák közül a legkiegyensúlyozottabb és a természeteshez legközelebb álló növénytakaró, annak ellenére, hogy a természetes és járadékerdők az alföldi erdők maximum 20-25%-át teszik ki (**Járó Z. 2000**). A talajvízhez közeli rétegekből is nyerhetnek vizet, így alkalmasak a tartós szárazság kimutatására. A lágyszárúak érzékenyebben reagálnak a rövidebb ideig tartó szárazságra, mivel a vízutánpótlást a csapadék biztosítja. *A vegetációs dinamika értékelésével célunk a természetes vízellátottság változásának megfigyelése volt, amelyet a rendelkezésre álló műholdképek alapján az 1992–2004 közötti időtartam nyári félévére végeztünk el.* A tér- és időbeli elemzések csak a hosszabb időtartamú monitoring figyelembevételével pontosíthatók, ám *a megelőzést szem előtt tartó döntéshozás-támogatás a valószínűsíthetően veszélyeztetett felszíneken gyors tervezési intézkedéseket alkalmazhat.*

A nagy időfelbontású AVHRR és MODIS felvételek (1,1 km-es és 500 m-es geometriai felbontású, havi összegzésű Maximum Value Composit (MVC) képek) alkalmasak a vegetációs dinamika kiértékelésére (**Mucsi L. 2004**). A felszínfedettséget a CORINE Land Cover (CLC) térképekről határoztuk le, vagyis *a jobb geometriai felbontással rendelkező képeken alapuló felszínfedettségi osztályokra, a nagy időfelbontással bíró képekkel történt multispektrális analízis.*

A heterogén területhasználat az alkalmazott műholdképek mellett nem engedte a részletes elkülönítést, így alapvetően négyféle felszínfedettség elemzésére került sor. A cellák közül csak az ún. „mintapixel”-ket, azaz a szempontunkból fontos felszínfedettség által legalább 65%-ban fedett pixeleket figyeltük meg. Értékelés csak a minimum 3 db egymás melletti mintapixelből összeálló poligonokra történt. A cellaméretetek miatt a vegetációs területek eltérőek, ezért a felsorolásban a zárójelen kívül az AVHRR, míg a zárójelben a MODIS értékei találhatók.

- az erdők osztályát lombhullató, tűlevelű és vegyes erdő kategóriák alkotják 24.440 ha (40.275 ha), 11.370 ha (12.575 ha) és 36.660 ha (53.700 ha) területen.
- a lágyszárúak osztálya magában foglalja a természetközeli gyepek, illetve rétek, legelők területeit 59.040 ha (80.200 ha) összkiterjedésben.

A mintaterületen 1990-2000 között az erdő 6%-al gyarapodott és 7%-a megszűnt, míg a gyepek-rétek-legelők csökkenése még kevesebbet mutat (2,6%), tehát a felszínfedettség változásai az elemzéseket csak kisebb mértékben befolyásolhatták. Fanövekedéssel a vizsgált időtartamban nem számoltunk. 1992-1994 között egy

A biomassza-mennyiség regionális változásainak vizsgálata a Duna-Tisza közén műholdfelvételek alapján

csapadécsökkenési időszak végének a hatása, míg az 1990-es évek második felében egy nedvesebb időszak következményei értékelhetők.

A műholdkép alapú indexekkel nagy területekről, magas térbeli adatsűrűséggel értékelhető a növényeknél a vízhiány miatti stresszhatás. A Normalizált Vegetációs Index (NDVI) az általánosan és leggyakrabban használt a nettó biomassza-produkció becslésének módszerei közül:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

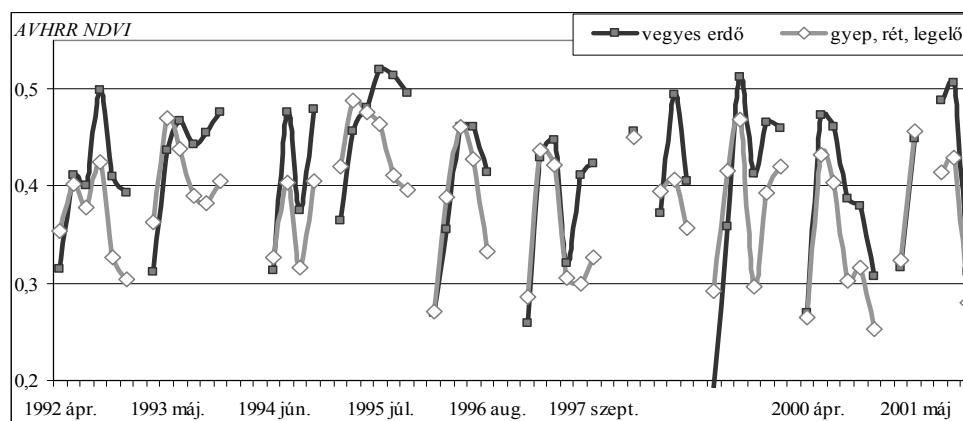
R: vörös tartomány értéke, NIR: közeli infravörös tartomány értéke az adott pixel esetében.

A csapadékeloszlást szem előtt tartva a nedvesebb évek – 1996-1999 – NDVI átlagértékei alapján átlagprofilokat készítettünk. A profiloktól – mint a normál állapot referenciaszintjétől – való eltérés vizsgálata kifejező az időszakos és tartós biomasszamennyiség-csökkenés miatt veszélyben lévő területek kijelölésénél. A negatív különbségek, mint veszélyeztetettségi szintek a potenciálisan csapadékszegényebb klímaváltozás következményeként értelmezhetőek. A MODIS képeknél a 2001-2004 közötti időszak átlagához viszonyítottuk a havi felméréseket.

A BIOMASSZA-MENNYISÉG REGIONÁLIS VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA A DUNA-TISZA KÖZÉN

A vegetáció állapotának jellemzése az 1992–2004 közötti időtartamban

Az NDVI havi átlagok adatsoránál látható a lágyszárú vegetáció tavaszi zöldelése, az erdők magasabb nyári biomassza értéke és a lombos erdő elkülönülése (2. ábra).

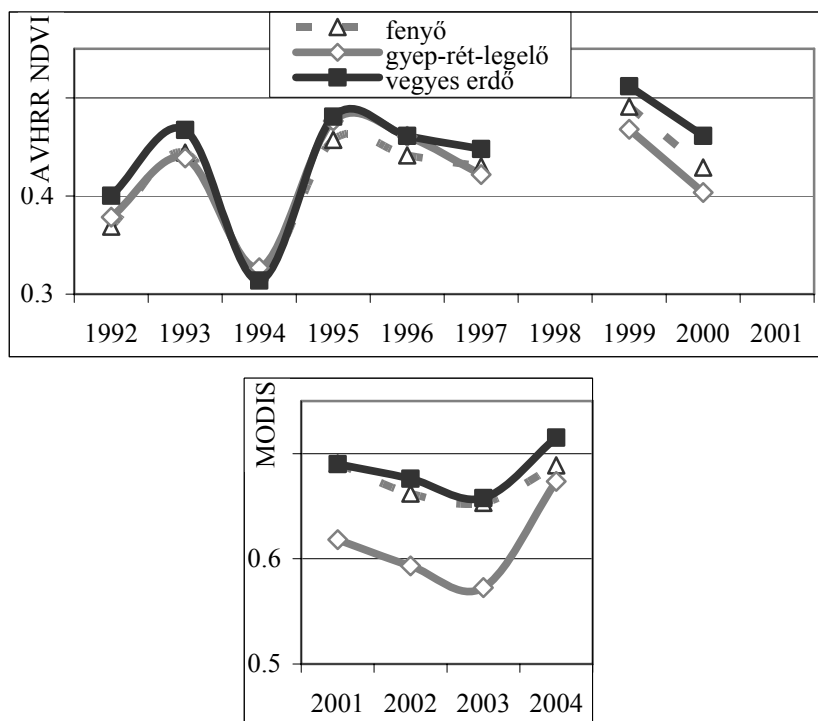


2. ábra Az NDVI átlagok alakulása 1992-2001 között
Figure 2 The average NDVI values between 1992-2001

A vegetáció mennyisége júniusban éri el csúcst, míg júliusban több esetben is egy hullámvölgy tapasztalható a görbén. A növényzet 1995, 1999, 2001 és 2004.

években volt a legdúsabb, míg 1993, 1996, 1997 és 2003 az alacsony értékeivel tűnik ki. A lombos erdő kivételével az NDVI átlagok az 1990-es évek elejétől 2003-ig trend jellegű csökkenést mutatnak. A fásszárúak rövid időtartamon belüli 10-15%-os változása több veszélyt is hordoz magában, ami különösen igaz a lomblevelűekkel is bíró vegyes erdőkre.

A vegetációs időszak hónapjai közül 1992-2003 között áprilisban, júliusban és szeptemberben figyelhető meg egyre kisebb érték az átlag NDVI-k adatsorában. Az egyedüliként trend jellegű növekedést (az erdők területén) mutató június a változás nagyságát tekintve gyakorlatilag a kedvezőtlen szeptember pozitív párjának tekinthető (3-4. ábra).

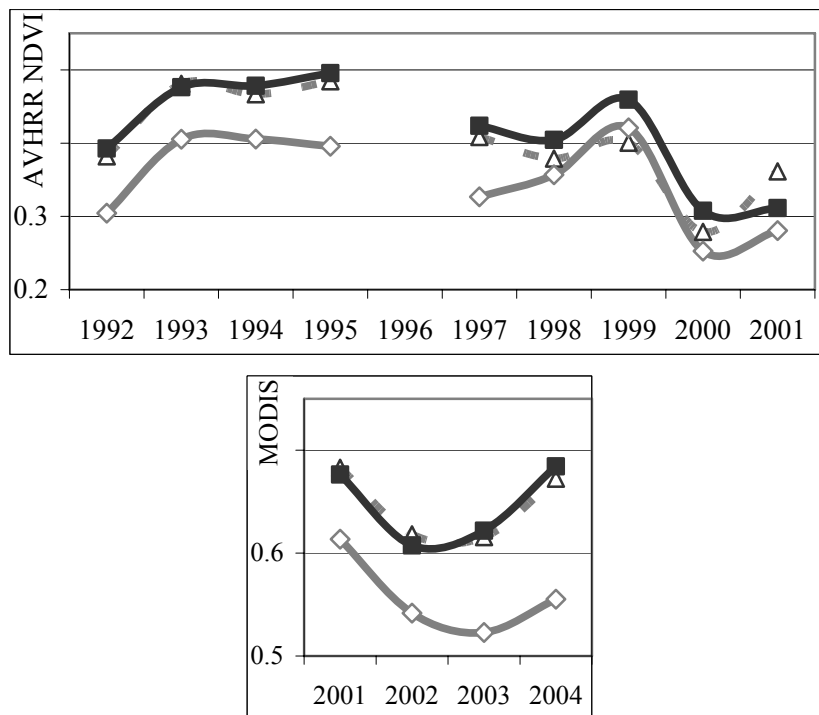


3. ábra NDVI június havi átlagértékek alakulása a Duna-Tisza között 1992-2004 között

Figure 3 The monthly average NDVI values in June for the area of the Danube-Tisza Interfluve between 1992-2004

Az 1990-es évektől az ezredfordulóig elsősorban áprilisban, szeptemberben figyelhető meg a leggyorsabb ütemű csökkenés. A gyep-rét-legelő, a fenyő- és a vegyes erdő osztály csökkenése a legnagyobb. A változás a lágyszárúak esetén állandó mértékű, míg a fásszárúaknál összesen 2-szer, 3-szor nagyobb a csökkenés üteme, mint áprilisban és júliusban. A későnyári állapotok súlyosságát fokozza, hogy a kezdetben magasnak számító szeptemberi NDVI átlagok 2001-re a tavaszi-

val azonos szintre süllyedtek. Július változásának fontosságát növeli, hogy az erdőknél több alkalommal ekkor van legtöbb biomassza a nyári félévben.



4. ábra NDVI szeptember havi átlagértékek alakulása a Duna-Tisza közén 1992-2004 között

Figure 4 The monthly average NDVI values in September for the area of the Danube-Tisza Interfluve between 1992-2004

Adott hónapoknál, egy éven belül is találhatunk különböző irányú folyamatokat ezért nem lehet egy rövid kedvezőbb idő alapján rögtön a kedvezőtlen folyamatok megszűnéséről beszélni. Jó példa erre 1994. (júliusi és szeptemberi NDVI alapján a környező éveknél dúsabb, míg június és augusztus alapján gyérebb növényzetű évet lehet regisztrálni), vagy 2000. (április és május egy emelkedő, július, augusztus és szeptember egy csökkenő folyamat része).

Májusban, júniusban, augusztusban a területi arányok a magasabb NDVI-k felé tolódnak, de júliusban és szeptemberben a kis biomasszájú kategóriák aránya nő. Jóllehet a magas NDVI kategóriák szerint – az NDVI profiloknál kiértékelte júniussal ellentétben – júliusban van a produkció csúcsa. A 2001-2004-es időszakban augusztus is csökkenést mutat a magas NDVI-nél, míg szeptember az alacsony kategóriákban mutat stabil képet. A gyeprét-legelő területeknél a dús növényzetű NDVI kategóriák maximuma májusban van. Az erdőhöz hasonlóan a júliusban

egyre kisebb területeken találunk dús vegetációt. Folyamatos csökkenés mutatkozik áprilisban, de a május, június, augusztus „hármás” egyre dúsabb vegetációval bír. 2001-2004. között már augusztusban is jellemző a dús növényzet részarányának csökkenése.

AZ ÁTLAGTÓL VALÓ ELTÉRÉS VIZSGÁLATA TÉRBEN ÉS IDŐBEN

Az elemzés szerint gyakorlatilag az 1999. és 2004. évek kivételével a negatív eltérések vagy tartósak (1997, 2000, 2003), vagy rövid ideig tartanak de nagy mértékűek (1998, 2001). A negatív eltérések összegei jellemzően nagyobbak a maximumoknál, akár 3-4-szeres a közöttük lévő különbség. Az ezredforduló felé haladva karakteres a nagyobb negatív különbség, ami viszont a 2001-et követően már nem jellemző egyértelműen. Elsősorban a vegyes erdők eltéréseinél figyelhető meg a fokozódó negatív jelleg.

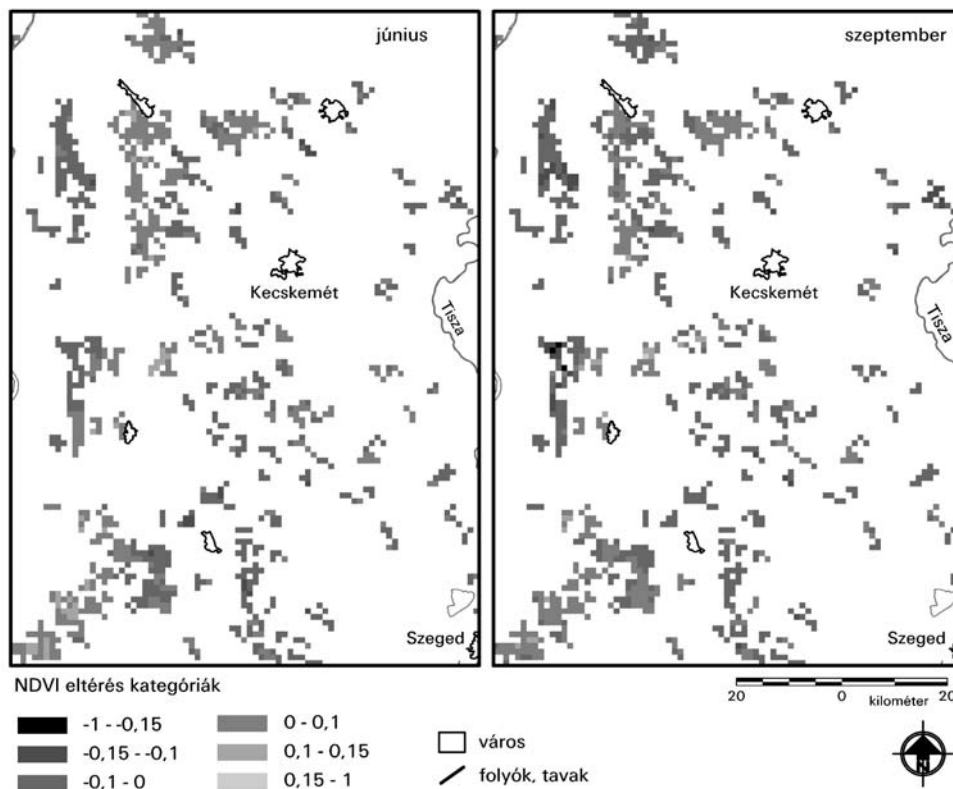
A csapadékhiánnyal járó, a vegetációt érő általános stresszhatást jól jellemezhetjük az átlagos változás értékelésével (5. ábra). Az előzetes elvárásoknak megfelelően a vegyes- és a fenyőerdők vannak a legnagyobb veszélyben, mivel területük több, mint 1/3-án döntően negatív eltérés tapasztalható. Még a jobb állapotú lombos erdők esetében is területük 1/4-e nyilvánítható veszélyeztetettnek. Az NDVI szerint legkevésbé – területük 1/5-én – a gyep-rét-legelő területeket kell féltenuünk a szárazabb időszakoktól. A vegetációs csúcsidőszaknak ismert júniusban a lombos erdőkn kívül a többi felszín értékelése meglepően rossznak mondható. Az ilyen kulcsszerepű időszakok kedvezőtlen jellege különös fontossággal bír.

A klímaváltozás szempontjából összességében veszélyeztetett területek lehatárolásánál nem átlagoltunk, hanem a minimum és a maximum eltérések megtartása mellett osztályoztuk a teljes adatsort (6. ábra). „Nagyon veszélyeztetett” kategóriában az NDVI eltérés legmagasabb értéke sem éri el soha az átlagos „0” szintet, míg a „különösen jó állapotú vegetáció” osztályban csak 0 NDVI-nél magasabb eltéréseket találunk.

Az 1992-2001-es összesített térbeli elemzés szerint a Duna-Tisza köze területének 1/3-án a vegetáció veszélyeztetett. Az erdők területének 27%-a érzékeny a változásokra. A legérzékenyebb összefüggő területek a középső, a déli és elsősorban a délkeleti részen határolhatók le. A veszélyeztetett erdők 58%-a vegyes erdő és 30%-a lombos erdő. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazott – AVHRR alapú – spektrális index alapján a vegyes erdők 1/3-a, a lomblevelűek 1/4-e és a fenyők 1/5-e veszélyeztetett állapotú! A gyep-rét-legelő területek 42%-a minősíthető veszélyeztetettnek, mely térszínek jellemzőek a homokhátsági területeken is, nem csak a szikeseken. A Dunamenti-síkság, a Fülöpházi- és Tázlári-homokbuckák és a Pírtói erdőssztyepp védett területeken van szükség hatékony kezelési tervekre. Összefüggő területeken például a Kolon-tó környékén, a Peszér-Adacsi réteken és Dabas környezetében, az Orgoványi réteken található jó minőségű lágyszárú növényzet. Ezen kívül a Pilis-Alpári-homokhát és a Kiskunság vegyes- és lomboserdei, elsőr-

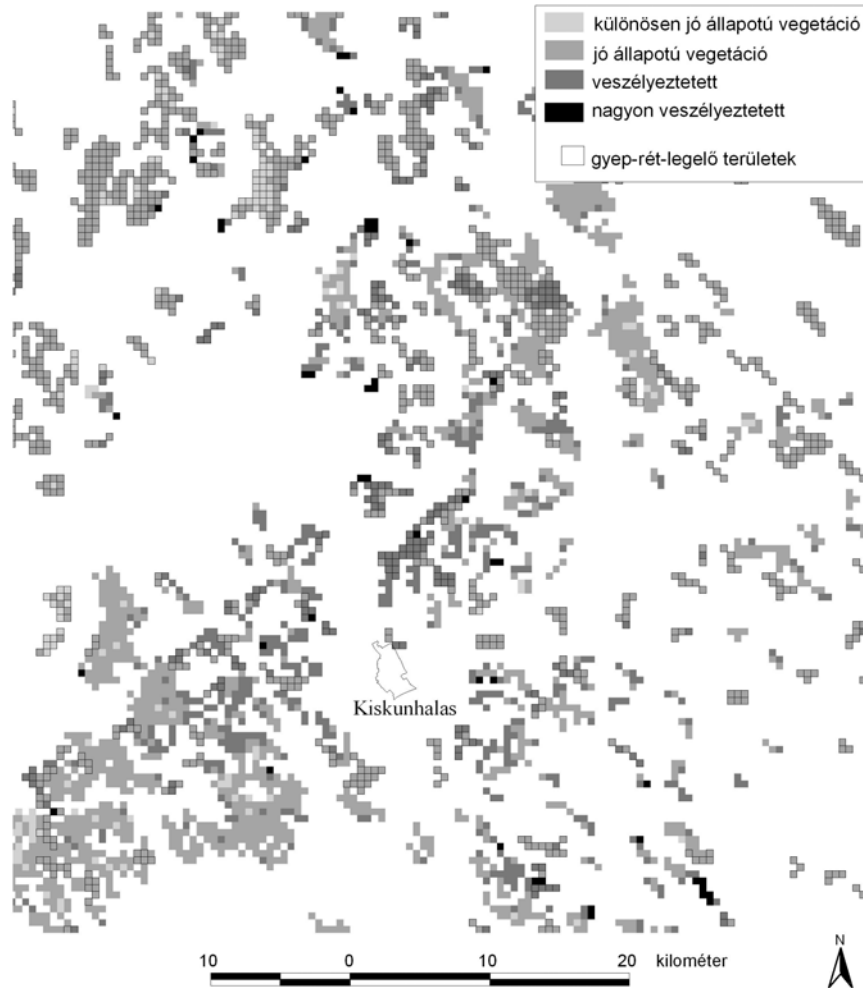
*A biomassza-mennyiség regionális változásainak vizsgálata a Duna-Tisza közén
műholdfelvételek alapján*

tan Bugac vegyes- és fenyőerdei, Bácska erdői és Dorozsma-Majsai-homokhát déli felének vegyes és fenyőerdei mutatnak pozitív változásokat.



5. ábra Az NDVI eltérés június és szeptember hónapokban az 1992-2001 közötti időtartamban
Figure 5 The average of NDVI difference in June and September between 1992-2001

A MODIS NDVI esetében a területek 3/4-e egy kategóriába tömörül, de az osztályok térben az AVHRR adatokhoz hasonlóan határolható le. Az 2001-2004. összesítése szerint a növényzet 16%-a veszélyeztetett. Az erdők területének 19%-a kedvezőtlenül viszonyul a változásokra. E veszélyeztetett erdők 58%-a itt is vegyes erdő és 28%-a lombos erdő, vagyis a MODIS NDVI alapján a fenyőerdők körülbelül 1/3-a, a vegyeserdők 1/5-e és a lomboserdők 1/7-e veszélyeztetett! A vegyes- és fenyőerdők elsősorban délen és a középső területeken, míg lombos erdők az északon rossz minőségűek. A gyp-rét-legelők 14%-a veszélyeztetett.



6. ábra Klímaváltozás szempontjából veszélyeztetett területek lehatárolása az átlagtól való eltérés alapján

Figure 6 Potential endangered area in terms of aridification on Danube-Tisza Interfluve

A BIOMASSZA-MENNYISÉG REGIONÁLIS VÁLTOZÁSAINAK ÖSSZEGZÉSE

Az NDVI adatsor különböző módszerekkel történő elemzése alapján a nyári félévben májust kivéve minden hónapban számolnunk kell a növényzet csökkenő aktivitásával. Az augusztus-szeptember időszakot mindenképpen a klímaváltozás által veszélyeztetett hónapok közé sorolhatjuk. A fenyők és a vegyeserdők állapota egyre súlyosabb ezekben a hónapokban. Különösen aggasztó jelenség, hogy a biomasszatermelés csúcspontját mutató június és július is mutatott trend jellegű

csökkenést a vizsgálatok különböző szakaszaiban. Áprilisi és szeptemberi átlagértékváltozás nem támasztja alá a hosszabbodó tenyészidőszak elméletét. A mintaterületünket érintő probléma súlyát jelzi, hogy a vizsgált 13 évből csak 1995. és 2004. nevezhető jó évekknek, amikor egy hónapban sem volt jelentős hiány a biomasszáat tekintve.

A vegetációs index növekedése csak a lomboserdők átlagértékeinél jellemző, mert a szélsőértékek szerint a legjobb kondíciójú északi Duna-Tisza közti területek is veszélyeztetettek. Általános növekedéssel csak május-június-július időszakban találkozunk. Az erdőknek ugyan csak az 1/5-e rossz állapotú, de azok a mintaterület minden pontján megtalálhatók kisebb nagyobb foltokban. A legjobb állapotú erdők között vegyes- és fenyőerdőket is találunk a Pilis-Alpári homokháton, a Kis-kunságban, vagy a Dorozsma-Majsai-homokháton.

Trendszerű csökkenés érinti a gyeprét-legelő területek közel felét, ami alól csak egyes védett területek jelentenek kivételt (Peszér-Adacsi rétek, Pusztaszeri tájvédelmi körzet, Kolon-tó környéke, Orgoványi rétek). Komplexebb vizsgálatok dönthetik el a MODIS képek alapján valószínűsíthetően sziktelenedő gyepek állapotát a Dunamenti-síkságon.

IRODALOM

- Antal E.** 2004. Növekvő aszálygyakoriság, szűkülő növényi vízellátottság, várható következmények. In: **Dövényi Z. – Schweitzer F.** (szerk.). Táj és környezet. MTA FKI. pp. 103-118.
- CLC (CORINE Land Cover)** (<http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/>).
- Csatári B.** 2004. Inulatos írás a Duna-Tisza közti Homokhátság ügyéről. In: **Csatári B.** (szerk.). Homokhátság 2004, szembesítés, lehetőségek, teendők. MTA RKK ATI, Kecskemét. pp. 6-15.
- Járó Z.** 2000. Az alföldi növénytakaró átalakulásának és átalakításának menete a vízrajzi munkálatok hatására. In: **Somogyi S.** (szerk.). A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai, MTA FKI, Budapest. pp. 190-204.
- Kovács A.** 2005. A Duna-Tisza közti talajvízszint változásának vizsgálata geoinformatikai módszerekkel. Diplomamunka. SzTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. Kézirat. p. 60.
- Kovács F.** 2004. Környezeti változások értékelése a Duna-Tisza közén, különös tekintettel a szárazodás problémájára. In: A magyar földrajz kurrens eredményei. A II. Magyar Földrajzi Konferencia 2004 CD kötete. pp. 1046-1072.
- Kovács, F. – Rakonczai, J. – Kiss, T.** 2004. Possibilities of remote sensing in the investigation of aridification processes – Case study on the Great Hungarian Plain, Hungary. In: **Goossens, R.** (ed.). Remote Sensing in Transition, Proceedings of the 23rd EARSeL Symposium, pp. 409-415.
- Kovácsné Láng E. – Kröel-Dulay Gy. – Rédei T.** 2005. A klímaváltozás hatása a természetközeli erdősztyepp ökoszisztémákra. Magyar Tudomány 7. pp. 812-817.
- Makra, L. – Mika, J. – Horváth, Sz.** 2005. 20th century variations of the soil moisture content in East-Hungary in connection with global warming. Physics and Chemistry of the Earth 30/1-3. pp. 181-186.
- Mezősi, G. – Bárány-Kevei, I. – Gécz, R.** 1996. The future ecological value of the Hungarian landscape. Acta Geographica Szegediensis 35. pp. 21-44.
- Mucsi L.** 2004. Műholdas távérzékelés. Libellus kiadó, Szeged. 238. p.

- Pálfai I.** 2003. Vízháztartási változások a Duna-Tisza közti Homokhátságon. In: **Pálfai I.** 2004. Belvizek és Aszályok Magyarországon, Hidrológiai Tanulmányok. pp. 450-461.
- Rakonczi J.** 2000. A környezet-átalakítás hidrogeográfiai összefüggései az Alföldön. In: **Pálfai I.** (szerk.). A víz szerepe és jelentősége az Alföldön, Békéscsaba. pp. 16-26.
- Rakonczi J.** 2003. Globális környezeti problémák. Lazi kiadó. p. 191.
- Rakonczi J. – Bódis K.** 2001. A geoinformatika alkalmazása a környezeti változások kvantitatív értékelésében. In: A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. CDROM ISBN 963482544-3. p. 15.
- Szalay S. – Szentimrey T.** 2001. Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? Beszámoló a 2000. évi tevékenységről. OMSZ, Budapest. pp. 3-14.
- Szász G.** 1997. Az éghajlatváltozás és a fenntartható gazdaság kapcsolata a Nagyalföldön. Alföldi Tanulmányok 16. pp. 35-51.
- Szatmári J.** 2004. Szélerózió-veszélyeztetettség értékelése a Duna-Tisza közén RWEQ modell alkalmazásával. In: A magyar földrajz kurrens eredményei. A II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kötete. pp. 1619-1627.