

TERMÉSZETVÉDELMI TERÜLET HIDROGEOGRÁFIAI VÁLTOZÁSVIZSGÁLATA TÉRINFORMATIKAI ALAPOKON, RÖVID ÉS HOSSZÚ IDŐTARTAMOK ÖSSZEHASONLÍTÁSÁVAL

KOVÁCS Ferenc

Szegedi Tudományegyetem TTIK, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
6722 Szeged, Egyetem utca 2-6. e-mail: kovacs@geo.u-szeged.hu

Kulcsszavak: vizes élőhely, monitoring, táji dinamika, klímaváltozás, szárazodás, távérzékelés, GIS

Összefoglalás: A vizes élőhelyek visszaszorulása a közelmúltban történt földrajzi folyamatok, antropogén eredetű tájváltozások meghatározó része. A klímaváltozás, mint a rendkívül változékony területet komoly károkkal fenyegető komplex földrajzi folyamat statisztikai és térbeli meghatározása meglehetősen nehéz feladat. Változási folyamatokat kell felismernünk és térben ábrázolnunk a változékonyság ismeretében. A szükséges monitoring jellegű értékelésben a 19. századtól rendelkezésre álló térképek mellett a távérzékelési alapadatok és módszerek könnyítették meg a környezeti állapot megőrzése szempontjából kulcsfontosságú tényezőnek, a víztartalomnak a vizsgálatát. A tér- és időbeli elemzésre koncentrááló vizsgálat adatbázisát a térképek mellett a közepes méretarányú és szabadon elérhető LANDSAT TM és ETM+ műholdképek alkották a lehető legnagyobb időfelbontásban. Az egy hosszabb 130 évre vonatkozó, illetve egy rövidebb 4 éves időtartamot átölelő vizsgálatunk a szigorúan védett Felső-Kiskunsági tavak mintaterületen a földrajzi szempontból évtizedek óta aktuális, veszélyes szárazodás térképezése céljából készült. A térképi és távérzékelési adatok összehasonlításánál több olyan elem is előfordul, melyeket nehéz egyértelműen besorolni egy hosszú folyamatba. A kérdéses területek előfordulása miatt a degradációs folyamat megítélésénél egy optimista és egy pesszimista szemléletet adtunk meg. Az optimista esetben a kérdéses foltoknál mindig a kedvezőbb, vagyis a vízesebb meghatározással számoltunk (természetesen a pesszimista szemlélet ennek az ellentéte). Optimista eredményeink szerint csak 5,6% szenvedte el az ár- és belvízrendezés, a csapadécsökkenés hatásait, míg a pesszimista esetben ez akár 33,5% is lehet. A természetvédelmi tervezés, döntéshozás számára a folyamatosan gyűjthető adatokkal folytatódhat a monitoring, különös tekintettel a már általunk is alkalmazott nagyobb felbontású új szenzorokra (RapidEye).

Bevezetés

A vizes élőhelyek átalakulása

A 19–20. század egyik legfontosabb emberi hatása hazánkban a folyószabályozások és a hozzájuk kapcsolódó lecsapolások. Így nem csoda, ha Magyarországon a táji változások talán legfeltűnőbb folyamata az egyik legértékesebb és -produktívabb ökoszisztémáknak, a vizes élőhelyeknek a visszaszorulása, átalakulása. Számos tanulmány írja le részletesen, hogy a 18. század második felében még körülbelül 75%-ban természetközeli Alföldön a vizenyős térszinek az ár- és belvízrendezés hatására az 1960-as évekre jelentősen visszaszorultak (SOMOGYI 2000). Az állandó, vagy időszakos vízborítás aránya az Alföldön ma alig több mint 2–3%, jöllehet ez a vízrendezések előtt még 30–35%, sőt mintaterületünkön a Solti-Lapályon 50% volt (TÓTH 2000). Több, európai területen is felhívták a figyelmet a vizes élőhelyek veszélyeztetettségére, gyors megszűnésére (DAWSON et al. 2003, CASTAÑEDA és HERRERO 2007).

Jellemző ez a mintaterületünket magába foglaló Duna menti síkságon is, ahol a Duna elöntései évről-évre biztosították az időnkénti vízpótlást, amely a csapadékkal és a talajvízzel kiegészítve, a geomorfológiai jellemzőknek is köszönhetően állóvizekben és mocsarakban gazdag, természetes szikest eredményezett. A 18. században a nagy folyómenti

tájak még természetközeli állapotban maradtak, de a folyószabályozások következtében a folyami forrás a 19. század végétől kezdve teljesen elapadt, majd a tájatalakító ember a 20. század második felére a belvízrendezéssel tovább fokozta az amúgy is kevesebb víz gyors levezetését. A szikesek egyre gyakrabban maradhattak tartós vízborítás nélkül. Az emberi hatásra ekkortól megjelenő (másodlagos) szikesek területe napjainkban is tovább nőhet, mivel a melegedő és szárazodó klíma a természetes talajfolyamatokat a szikesedés és a sztyeppesedés felé tereli (RAKONCZAI és KOVÁCS 2006, CSORBA 2011).

Az 1980-as években felerősödő aridifikáció tovább rontotta a csapadék mennyiségétől jelentősen függő területek állapotát; a 20. század végére az „ex lege” védett szikes tavak 80%-a kiszáradt a Duna-Tisza közén és a tómedret jelentős mennyiségű növényzet foglalta el, a jellemző vegetációs zonáció felborult (IVÁNYOSI 1994, BOROSS és BIRÓ 1999, DAWSON et al. 2003, HOYK 2006). DAWSON et al. (2003) a csapadék és a potenciális evapotranspiráció különbségével modellezték a klímaváltozás hatását a vizes élőhelyek vízház-tartására. A megmaradt vizes élőhelyek természetvédelmi értéke kiemelkedő, de nagyon érzékenyen reagálnak környezetük változásaira, ezért a – egyelőre meglehetősen hiányos – tér- és időbeli elemzések nélkülözhetetlen részei kell, hogy legyenek a döntéshozásnak, a tervezésnek; fontos elem a biomonitoring-rendszer működtetése (LTER program). A Ramsari Egyezmény óta tudjuk, hogy egy hatékony nemzetközi vizes élőhely leltárra van szükség, amely globális, regionális és nemzeti léptékben ad hiteles, szabványos, teljes adatokat (REBELO et al. 2009). Működésükhöz a távérzékelés és a térinformatika az egyik legalkalmasabb módszer (Természetvédelmi Információs Rendszer, National Wetland Inventory). A vizsgálatok nagyon fontosak, mivel a kedvezőtlen – akár irreverzibilis – folyamatok hatásai mindig gyorsabbak, mint a regeneráció (SZABÓ 2004).

A természetvédelem számára fontos a dinamika, hiszen egyes kezelések tervezésekor a „mozgásban lévő” életközösséget szeretnék „mozdítani” (MOLNÁR et al. 2008). Az esetleges helyreállítási folyamat tervezésében, a táji változatosság megtartásában a táji dinamika megértése sokat segíthet. A vízkészletben történt változások indokolják a tájatalakulás értékelését, amely komplex jellege miatt az egyik legnehezebb kutatási feladat és szintén folyamatos, objektív megfigyelésre alapul. Legfontosabb a térben megadott információ és a változás intenzitásának meghatározása. Földrajzi szempontból a vízborítottság, mint lokális sajátosság lehet az az uralkodó szerepű tájalkotó tényező (indikátor), melynek dinamikája kulcsfontosságú a felgyorsuló táji degradációs folyamatokban (1. ábra). Külön előnyös, ha az értékelés helyspecifikus módon történik. A megoldásként hangoztatott vízviisszatartás – amelyek '90-es évek második felétől jellemzőek egyes tavaknál (pl. átereszek megszüntetése) – és vízpótlás önmagában kevés; alkalmazkodni kell (SCHRETT 2005)!

Az időszakos és állandó vizeknek az Alföldre jellemző csökkenését, eltűnését a Duna-Tisza közén fekvő szigorúan védett Felső-kiskunsági tavak területén értékeltük, ahol korábbi eredményeink szerint a terület 40%-át veszélyezteti a szárazodás (KOVÁCS 2006) (2. ábra). A mintegy 13.000 ha-os mintaterület 85%-a a Nemzeti Ökológiai Hálózat (Natura 2000) része, 2/3-a magterület, 1/2-e nemzeti park, de az emberi hatást jól érzékelteti, hogy a vizes foltok 50 m-es övezetének 1/3-a a CLC50 adatok szerint nem természetközeli felszín. A kukorica-, napraforgó- és lucernaföldek közvetlenül a vízpartig érnek, vagyis az ár- és belvízrendezés hatásain kívül számolni kell a fokozódó területhasználat következményeivel. Az összterület fele mesterséges-, vagy mezőgazdasági terület (főleg szántó), míg a terület 44%-át foglalják el a szikes tavak (4%), mocsarak (10%) és gyepek

(23%), illetve szikes felszínek (7%). Az 1882-es térképezés szerinti vizes élőhelyek helyén többségében ma is tó, gyeper, vagy mocsár maradt, 14%-uk lett szántóföld vagy legelő.



1. ábra Változó vízborítottság: Kelemen-szék (2005, 2006), Böddi-szék (2010, 2011)
 Figure 1. Water cover differences: Kelemen-szék (2005, 2006), Böddi-szék (2010, 2011)

A vizes élőhelyeket veszélyeztető folyamatok

A szárazodás fontossága miatt szükséges az okok pontos megállapítása. A bizonytalanságot példázzák a Duna-Tisza köze-i talajvízszint süllyedéssel kapcsolatban készített elemzések: az egyik modell szerint az időjárás 15%-al, míg egy másik modell szerint 50%-al „felelős” a süllyedésért, sőt az emberi tényező szerepe a korábban beállított 50%-ról, mára 33%-ra csökkent (PÁLFAI 2010). Vagyis az elmúlt 25–30 évben megjelenő súlyos vízhiány a Duna-Tisza közén elsősorban a klímaváltozás földrajzi hatásainak köszönhető.

Az éghajlati vízhiány sokévi átlaga hazánkban a Duna-Tisza közén a legnagyobb (>300–350 mm). A hőmérséklet az evapotranspiráción keresztül fokozza a vízhiányt, márpedig az országos átlag szerint az 1991–2007-es időszakból 8 év az átlagtól melegebb és szárazabb, illetve 2000–2009 hazánkban a legmelegebb ismert 10 éves időszak volt (BIHARI et al. 2008, LAKATOS 2009).

Az elmúlt 80 évben előforduló rendkívüli aszályok fele az utóbbi 20 évben fordult elő (9 db év) és a mintaterület a legaszályosabb zóna peremén helyezkedik el. PÁLFAI (2011) szerint 1931–2000-es időszakhoz képest a Duna–Tisza közén az aszályhajlam napjainkig fokozódott, ami jól látható LADÁNYI (2010) Pálfai-féle aszályossági index értéksorán is.

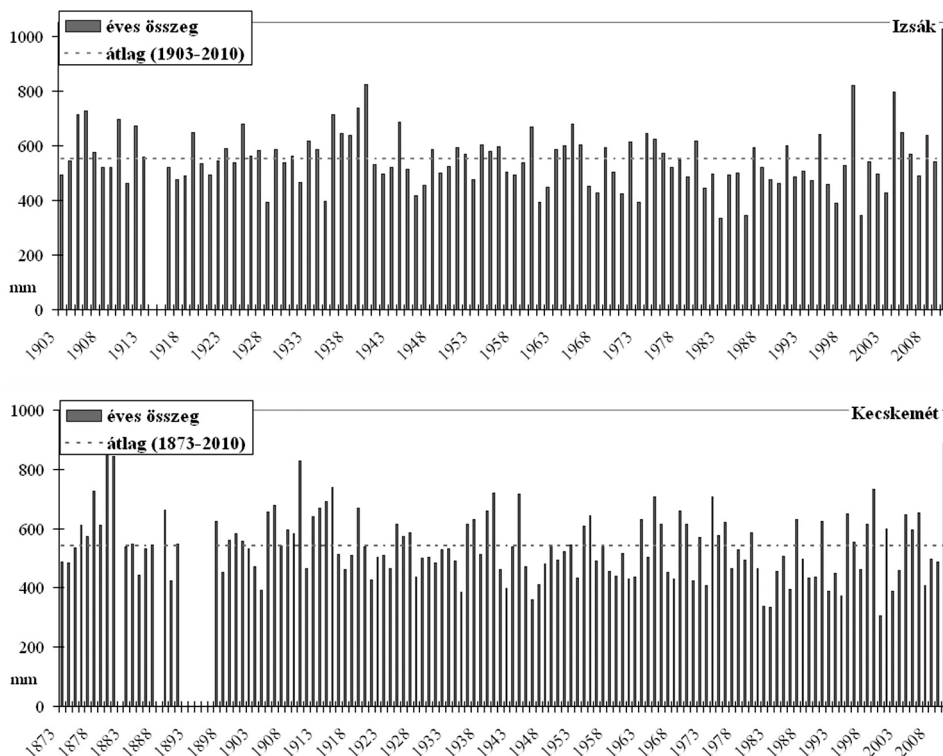


2. ábra A Felső-Kiskunsági tavak védett terület és környezete (háttér: LANDSAT TM)
 Figure 2. Felső-Kiskunság lakes protected area and its environment (background: LANDSAT TM)

A csapadéknál, mint a vízforrás kulcsparaméterénél a vizsgálatunkhoz hűen fontos a hosszabb adatsor vizsgálata, illetve az aktuálshoz közeli állapot megfigyelése. Az 1870-es évektől napjainkig is rendelkezésre álló, a mintaterülethez közeli adatok szerint (Izsák, Kalocsa, Kecskemét) (SZALAI et al 2011) az éves, a nyári félévi és a téli félévi csapadék-összeg értékeknél a változás jellege csökkenő (3. ábra).

Az éghajlati normálértéket adó 1961–1990-es időszak átlagai a 110–130 éves elemzéshez képest már 15–40 mm-el kevesebb értéket mutatnak (ami egy hónap csapadék-összege is lehet). De a szintén 30 éves, 1981–2010-es átlagértékek sem közelítik meg a hosszú időtartam 540–590 mm-es értékeit. A sokéves havi átlagértékekhez képest az utóbbi 30 évben – még az extrém csapadékos 2010. év adatait figyelembe vevő átlagok mellett is – januárban, áprilisban, augusztusban, szeptemberben, októberben, novemberben és decemberben is lényegesen kevesebb eső vagy hó eshet. Országos vizsgálatok szerint a tavaszi csapadékcsökkenés a legnagyobb mértékű. A vízutánpótlást biztosító téli félévben a hatból négy hónapban jelentős, 13–20%-os a csökkenés (februárban és

márciusban is csökkenést tapasztalhatunk, csak kisebb mértékben). Említésre méltó, nagyon kis növekedés csak júniusban figyelhető meg (ez az egyetlen hónap, ahol országosan enyhe növekedés jellemző).

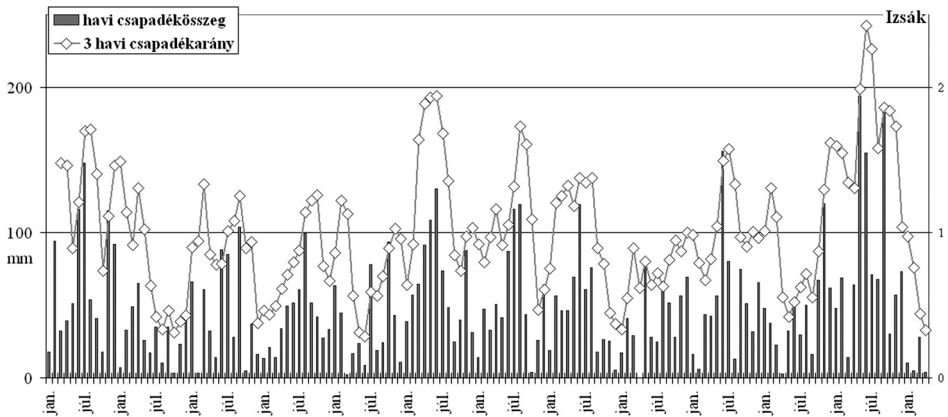


3. ábra Éves csapadékösszegek hosszú időtartamú alakulása mintaterület környezetében (adatok: OMSZ, VITUKI)¹ (Izsák 2010. évi értékeit Soltvadkert állomás adataival pótoltuk)
 Figure 3. Long term changes of annual total precipitation on the environment of the sample area (data: OMSZ, VITUKI) (Izsák 2010 data complemented with measurements of Soltvadkert)

Az 1970-es évek második felétől két évtizeden át tartó csapadékszegény időszak után (a teljes adatsor három legkisebb értéke: 1983, 1986, 2000) a térségben az utóbbi 15 évben már csak 3–4 évben volt a normálértéknél 10%-al kevesebb csapadék. A mintaterületen 1977-től 2004-ig csak három évben volt az átlagot 10%-al meghaladó éves csapadékösszeg, míg az időszak felében a megszokottnál 10%-al, a negyedében 20%-al is kevesebb csapadék volt jellemző. Az 1999. évnél, a 2004–2006-os időszaknak, illetve 2010-nek köszönhetően az utóbbi 50 évre vonatkozóan nem jellemző a csökkenő trend jelleg (130 éve esett erre ennyi csapadék). 1999 és 2010. év kiemelkedő (van ahol az átlagérték duplája hullott le), de koncentrált csapadékkértékei statisztikailag sok mindent kiegyenlíthetnek, de földrajzi hatásait tekintve egy-egy év nem szüntethet meg hosszab-folyamatokat. A vízhiány problémájára jellemző, hogy 1999 előtt és után is 3–4 száraz év

¹ A vízügyi állomásokon általában több csapadékot mérnek, mint a közeli OMSZ állomásokon (PÁLFAI 2007).

figyelhető meg, illetve 2011. év első négy hónapjában is a megszokott csapadék csupán 1/3-a hullott le (4. ábra).



4. ábra Havi csapadékértékek és arányuk 1999 januártól 2011 áprilisig (adatok: VITUKI) (2010-11. évi értéket Soltvadkert állomás adataival pótoltuk)

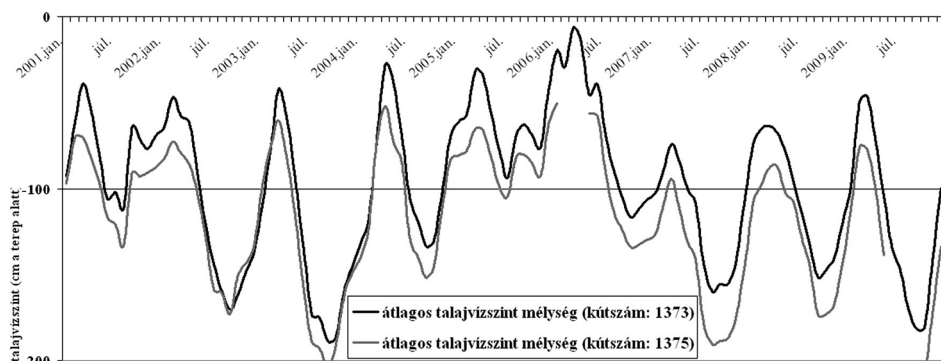
Figure 4. Monthly precipitation and ratios between January 1999 and April 2011 (data: VITUKI) (data from 2010-11. complemented with measurements of Soltvadkert)

Az utóbbi 11 év csapadékértékeinek részletesebb bemutatása segít a későbbi, nagy időfelbontású műholdképelemzés értelmezésében. A 3 havi csapadék összeg aránya a felvételezési hónap és azt megelőző két hónap csapadék összegének, valamint az 1903–2010 között azonos hónapokra mért csapadékátlag összegének az aránya. A visszatekintő index, vagy más néven megelőző index jól mutatja a fő vízutánpótlás és a felszíni vízmennyiség kapcsolatát. Látható, hogy az amúgy aszályos 2000. év nagy vízborításának az oka a képkészítést megelőző időszak folyamatos és magas csapadékaránya. Alapvetően rossz időszak a 2001. októbertől 2004. februárig, illetve 2006 szeptemberétől 2008 májusáig terjedő idő. 2004. márciustól 2006. szeptemberig, illetve 2009. novembertől 2011. januárig jó vízutánpótlással bíró hónapokat találunk.

Az elmúlt 30–35 évben az ezredforduló óta időszakosan tapasztalhattunk a tavak fennmaradása szempontjából kedvező, vízben gazdagabb időket. Elég csak arra gondolnunk, hogy az 1999. évi, illetve a 2011 januárjában elöntött területek a legbelvizesebb állapotokat mutatják mióta felmérés történik az országban (<http://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=280>). PÁLFAI (2007) szerint egyes területeken a 2004–2006. június közötti időszagnál csapadékosabb 2,5 éves időszak a mérések kezdete óta még nem fordult elő! Egy-egy kedvező állapot azonban nem tudja megállítani a kedvezőtlen folyamatokat, mert a klímaváltozás igazi földrajzi veszélye nem a jósolt 3-4 Celsius fokos melegedés, hanem az, hogy a pozitív visszacsatolások miatt a folyamat nem áll meg, évszázadokon át tovább gyorsul (KERÉNYI 2008). Hazánkban a melegedés nem lineáris, hanem gyorsuló jellegű (SZALAI és LAKATOS 2007).

A vízutánpótlásban szerepet játszó talajvíz szintjének változásával foglalkozó tanulmányok szerint a vízszint csökkenés elsősorban a Duna-Tisza köze homokhátsági, magasabb területein jellemző (RAKONCZAI 2006, LADÁNYI 2010, SZALAI 2011). Ez a folyamat a Dunamenti síkságon már korántsem ilyen egyértelmű. Természetes, a csapadékmennyiséggel

összefüggő vízszintingadozás megfigyelhető, de határozott változás – jóllehet a magasabb helyzetű területekről érkező felszín alatti víz mennyisége csökken – nincs (5. ábra).



5. ábra Talajvízszint alakulása a mintaterületen 2001–2009 között (adatok: VITUKI)
Figure 5. Groundwater level changes between 2001–2009 (data: VITUKI)

SIMON (2010) szerint mintaterületünk tava a Kelemen-szék egy talajvíztükör típusú tó, mely kölcsönhatásban áll a 10 m-es mélységig előforduló felszínalatti vizekkel. A tó csak akkor töltődik fel vízzel, ha a talajvíztükör a felszín fölé emelkedik. Tavasszal a tó minden irányból vizet kap, míg késő nyáron és ősszel a talajvízszint csökkenésekor a kiáramlás válik uralkodóvá és a tó vizet veszít. A felszínalatti víz a csapadékkal egyenlő nagyságrendet mutat, azonban nagy különbség, hogy tápláléként és fogyasztóként egyaránt szerepelhet, így a szerepe éves viszonylatban másodlagos. A talajvíz eredetű táplálásban különleges szerepe lehet az Ágasegyházai-tavat tápláló csapadék és talajvíz eredetű, részben a Kolon-tó által közvetített hozzáfolyásnak, amit végül is a Kelemen-szék tó környezete csapolhat meg (SZÖNYI-MÁDL és TÓTH 2009).

Anyag és módszer

Adatgyűjtés és előfeldolgozás

A táji átalakulás meghatározó tényezőjének, a vizes területek kiterjedtségének alakulásában a legkorábbi, pontos térképi adatokból kiindulva az időnként rendelkezésre álló térbeli adatokat (topográfiai térképek, műholdképek) együttesen dolgozzuk fel. Az időszakonkénti állapotok közötti különbségek mértéke és az így kirajzolódó folyamat sebessége dönthet a változásról (1. táblázat). Egy hosszú időtartamú vizsgálatban a Duna-Tisza köze természetközeli-féltermészetes, vagyis referenciaállapotnak tartható, 1700-as évek végi felszínét legjobban az I. katonai térkép rekonstruálja. A felmérések pontossága miatt azonban csak az 1880-as évektől térképezhetünk és a megelőző 100 évet informáló jellegűnek értékeltük.

Az egyébként is ritka térképi adatok nem feltétlenül a mi szempontunkból érdekes időszak alapján mutatják az évszakosan eltérő tájat. A történeti térképeknél átlagos képet kapunk a területről, mivel 1859-es felvételezést megelőzően 1856–57-ben figyeltek meg

jelentős aszályt, míg az 1882. évi III. katonai felmérésig csak az 1863-as országos aszály említhető meg (RÉTHLY 1998). A meteorológiai adatsor szerint ekkor átlagot meghaladó csapadéértékeket találunk (3. ábra). 1959–60-ban a sokéves átlagnál is kevesebb volt az évi és téli félévi csapadék, míg az 1981–82-es idő egy több éves, átlag alatti időszak részeként figyelhető meg. Az aszály ugyan hozzátartozik a mintaterület klímájához, de a kiszáradási probléma akkor a legsúlyosabb, ha már a kora nyári időszakban sincs víz a területen. A vizes élőhelyek helyzete kritikusan mondható, ha ez az optimális állapot is rossz képet mutat. A távérzékelési adatszerzés előnyeit kihasználva a mintaterület szempontjából az elvileg legkedvezőbb – legvizesebb – állapotokat elemeztük minden vizsgált év esetében, ezért lehetőség szerint júniusi felvételeket vettünk fel az adatsorunkba (1. táblázat). A tanulmány egyik újszerűsége ezen adatoknak az adott célú vizsgálathoz történő felhasználásában rejlik.

A kedvező időjárási körülményeknek és az U.S. Geological Survey (<http://glovis.usgs.gov>), illetve az SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék adattárának köszönhetően a hosszabb időtartamú változásvizsgálat keretében 1986 és 2011 között 10 időpontból álltak rendelkezésre LANDSAT TM és ETM+ multispektrális felvételek. A teljes adatsor – 13–15 állapot – alapján mintegy 220 év változásait is értékelhetjük, de lehetőség van a szárazodás szempontjából fontos utóbbi 30 év részletesebb elemzésére is.

A változásvizsgálatban az észlelések véges mintáján keresztül értékelünk, de a nem lineáris folyamatok miatt a múlt alapján nehéz megbecsülni a jövőbeni hatások mértékét; ezért egy folyamat akkor változik, ha a felvehető értéktartomány eltolódik (NOVÁKY 2003). Kérdés, hogy a változások jellege milyen, hiszen valamilyen szinten minden környezeti változó mutat például ciklikus ingadozást. A mély fekvésű tavak, mocsarak szezonálisan rendkívül változékonyak, ami a tényleges változások feltárását nehezíti (lásd. 1. ábra). A pontos változásvizsgálathoz nélkülözhetetlen változékonyosság értékelését a nagy időfelbontással és nagyobb térbeli felbontással készülő elemzések teszik lehetővé (KOVÁCS 2009). A változékonyosság mértékének ismerete befolyásolhatja a változásról kialakított véleményünket is, hiszen minél nagyobb egy foltra vonatkozó változékonyosság, annál kérdésesebbé válik a változás. Egy-egy földrajzi jelenségre jellemző felvehető értéktartomány meghatározásához a szélsőséges helyzetek elemzése adhat támpontot. A klímaváltozás helyi hatásai között szerepel a rövid idő alatt lehulló csapadékok gyakoriságának, illetve az aszály megjelenési gyakoriságának a növekedése. Számolhatunk a meder gyors feltöltődésének, illetve a gyors és tartós kiszáradásának a lehetőségével is. Ezek alapján az időbeni analógia módszere szerint a közeljövőre nézve egy szélsőséges időszak nagy időfelbontású vizsgálata jó referenciaként alkalmazható. A 2000-ben, mint extrém évben megjelenő folyamatok a klímaváltozást figyelembe véve a közeljövőben jellemzőek lehetnek, ezért is térképeztük a változékonytságot ebben az időszakban. 1999. július és 2003. október közötti rövid időre 22 darab műholdfelvétel áll rendelkezésünkre (1. táblázat). A vizsgálat azért is érdekes, mert a hosszabb távon kedvezőtlen (szárazodó) időszakon belül egy rövidebb, csapadékos évvel jellemezhető időköz hatása elemezhető.

1. táblázat A hosszú időtartamú és a nagy időfelbontású vizsgálat alapadatai
 Table 1. Data of long term and large temporal resolution analysis

<i>Hosszú időtartamú változásvizsgálat</i>		<i>Nagy időfelbontású vizsgálat</i>		
<i>térképek (méterarány)</i>	<i>műholdképek (szenzor)</i>	<i>műholdképek (szenzor)</i>		
1783 (1:28.800)				
1859 (1:28.800)				
1882 (1:25.000)				
1960 (1:10.000)				
1982 (1:10.000)				
	1986 június (LANDSAT TM)			
	1994 június (LANDSAT TM)			
	1999 július (LANDSAT ETM+)		1999.júl.17. (LANDSAT ETM+) 1999.aug.09. (LANDSAT ETM+) 1999.okt.28. (LANDSAT ETM+)	
	2000 június (LANDSAT TM)		2000.ápr.14. (LANDSAT TM) 2000.jún.08. (LANDSAT ETM+) 2000.júl.10. (LANDSAT ETM+) 2000.aug.11. (LANDSAT ETM+) 2000.aug.20. (LANDSAT ETM+) 2000.okt.14. (LANDSAT ETM+)	
	2001 június (LANDSAT ETM+)		2001.márc.07. (LANDSAT ETM+) 2001.máj.03. (LANDSAT ETM+) 2001.jún.27. (LANDSAT ETM+) 2001.aug.30. (LANDSAT ETM)	
	2002 június (LANDSAT ETM+)		2002.febr.22. (LANDSAT ETM) 2002.jún.23. (LANDSAT ETM) 2002.aug.26. (LANDSAT ETM)	
			2003.márc.22. (LANDSAT ETM) 2003.ápr.14. (LANDSAT ETM) 2003.máj.16. (LANDSAT ETM) 2003.júl.20. (LANDSAT TM) 2003.szept.06. (LANDSAT TM) 2003.okt.15. (LANDSAT TM)	
	2006 június (LANDSAT TM)			
	2007 június (LANDSAT TM)			
	2010 június (LANDSAT TM)			
			2011 június (RapidEye) 2011 július (LANDSAT TM)	

A multispektrális, 30 m-es geometriai felbontású LANDSAT képek maximum 1:50.000-es térképezést tesznek lehetővé. Referencia- és kiegészítő vizsgálatokra az 1979. évi, 80 m-es felbontású LANDSAT MSS képet, 2000. február 29-ei 1 m felbontású légifotókat és a 2011. évi 5 m-es RapidEye műholdképet használtuk fel, melyek alátámasztották eredményeinket. A geometriai korrekciót 1:50.000 és 1:10.000-es térképekkel, 0,5–0,9-es RMS hibával hajtottuk végre a radiometriailag korrigált képekre, vagy csak a mintaterületre vonatkozó kivágatot transzformáltuk át az ortokorrigált felvétel UTM vetületéből (Reproject funkció) <0,1 RMS mellett. A monitoring jellegű megfigyelést nehezítő paraméterek hatásait (atmoszférikus viszonyok, szenzorok, fenológiai fázisok, napmagasság) az egy felvételező műszer használatával, azonos felvételezési hónapok megfigyelésével, illetve nagyon sok és jó minőségű felvétel alkalmazásával próbáltuk csökkenteni.

A 19. század végén készített – geometriai szempontból legjobb történeti térkép – III. katonai felmérésen a pontatlanságot maximum 30 m-ben állapíthatjuk meg, ami elsősorban a nehezen megközelíthető, utaktól távolabbi mocsarakat érinti.

Vizsgálati módszerek

Több távérzékelési módszer alapján detektálhatunk változásokat: kivonhatjuk egyik képből a másikat vagy számolhatjuk a különböző időpontokban készült képek sávjainak arányát, vektorizált képi adatokat vagy klasszifikált műholdképeket hasonlíthatunk össze, illetve képi transzformációkkal is számolhatunk (KLEINOD et al. 2005).

A víztartalom mennyiségi és minőségi értékelésében, vizes élőhelyek megfigyelésében számos térinformatikai-távérzékelési alkalmazás, fejlesztés jellemző. A hazai módszertani tanulmányok közül megemlíthető RAKONCZAI et al. (2003) belvízfelméréssel kapcsolatos összehasonlító elemzése, KOLLÁR (2010) szegmentációra alapuló munkája, vagy BURAI et al. (2010) hiperspektrális és LIDAR felmérése. KLEINOD et al. (2005) is elsősorban módszert értékelnek a németországi vizes élőhelyek évtizedes, többféle adaton alapuló vegetációváltozásával kapcsolatban. A tavakra vonatkozó, hosszú és rövid időtartamú, áttekintő, térbeli értékelésekre példa KEVEINÉ és munkatársainak (2000) a Fehér-tóra, illetve DÖMÖTÖR-nek (2011) a Tihanyi Külső-tóra vonatkozó térképi-távérzékelési elemzése. Jelen dolgozat alapját képező korábbi munkák kevesebb adat és kevesebb összehasonlítás alapján figyelték meg a Felső-Kiskunsági tavakat (KOVÁCS 2006, KOVÁCS 2009). Hasonló módszerekkel detektáltak arid környezetben gyorsan degradálódó szikes, vizes élőhelyeket, illetve antropogén hatásra csökkenő tavakat és mocsarakat (CASTAÑEDA és HERRERO 2007, REBELO et al. 2009). Jellemző térinformatikai alkalmazás a Duna-Tisza köze-i tájváltozási elemzésekhez kötődő, a mintaterületen előforduló vizes élőhelyek megfigyelése (BIRÓ 2010, DÓKA et al. 2010).

A víztartalom a multispektrális képek infravörös tartományaiban jól lehatárolható, így automatikus osztályozást alkalmaztunk, ahol a kapott 30 osztályt vizuális értelmeztük. A mennyiségi, minőségi paraméterek megadására spektrális indexeket is használtunk, de mivel a képi adatokon nem reflektancia-, hanem digitális értékekkel (DN) dolgoztunk ezek szerepe kiegészítő volt.

A nedvességi kondíciókat elsősorban a wetness indexszel állapítottuk meg:

$$WI_{ETM+} = 0,263_{ETM1} + 0,214_{ETM2} + 0,093_{ETM3} + 0,066_{ETM4} - 0,763_{ETM5} - 0,539_{ETM7}$$

ahol: ETM1...ETM7: különböző hullámhossz tartományok.

A növényi fedettségét a normalizált vegetációs index segítette meghatározni:

$$NDVI = (ETM4 - TM3) / (ETM4 + TM3)$$

Esetenként alkalmaztuk a vizes élőhelyek osztályozására létrehozott Water Mask indexet:

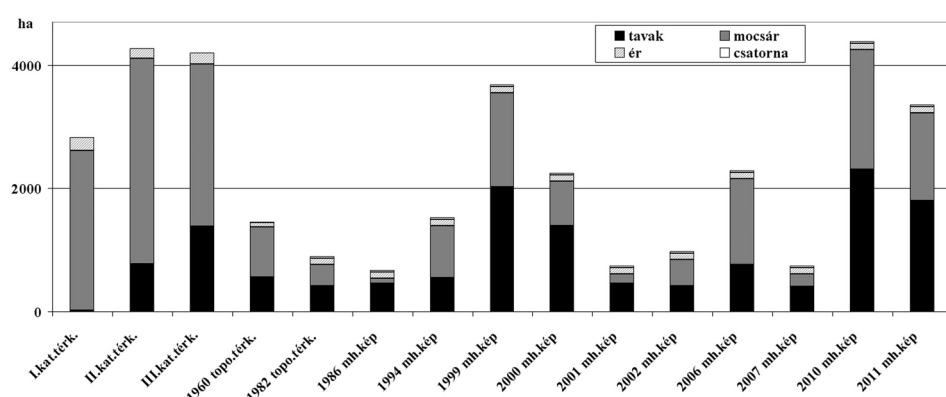
$$WM = ETM5 / ETM2.$$

A „nyílt víz és nagy víztartalmú terület“, „vizenyős terület“, „száraz felszín“ osztályokkal bíró térképeket összetett lekérdezések alapján hoztuk létre elsősorban az automatikus osztályozás, valamint a WI indexképek figyelembe vételével. Az említett osztályokat a topográfiai térképeken azok digitalizálása során a jelmagyarázatuk alapján azonosítottuk.

Eredmények

Hosszú időtartamú változás értékelése a Felső-Kiskunsági tavak területén

Az első pontos térképünk a III. katonai felmérés ugyan az árvíz-védekezési munkálatok megkezdése után körülbelül 8–10 évvel készült, de látva a hasonlóságot a II. katonai térképi értékekkel és ismerve az I. katonai térkép pontatlanságait egy természetközeli referenciaállapotnak tekinthetjük (6. ábra). Mintaterületünk 1/3-a vizes-vizenyős felszínborítást mutatott.



6. ábra Vizes élőhelyek hidrogeográfiai változása a 18. századtól napjainkig
Figure 6. Hydrogeographical changes of wetlands from 18th century to today

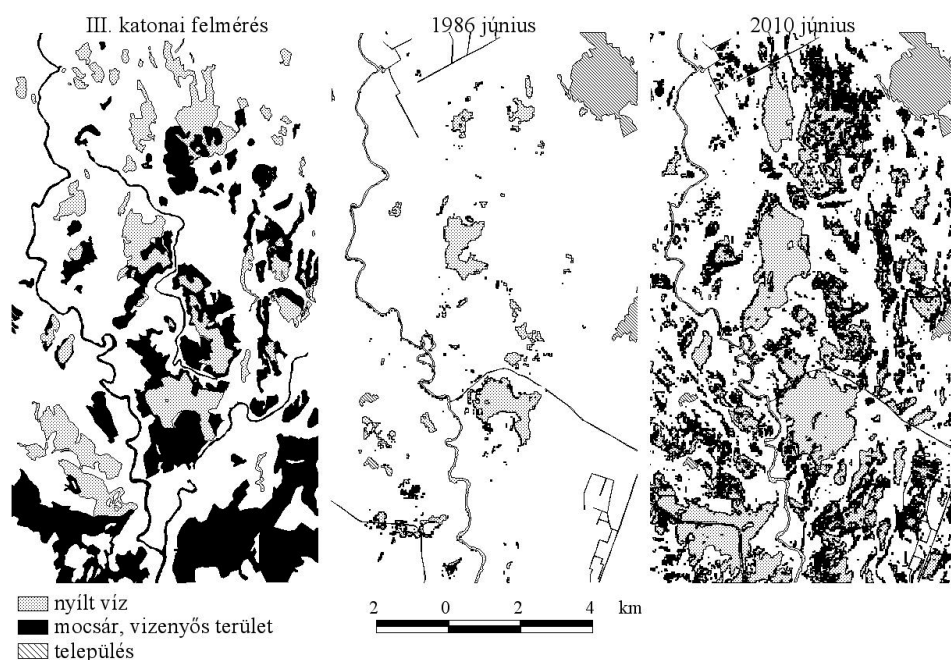
Az adatsoron jól látható, hogyan nehezíti egy változási folyamat felismerését a terület változékonysága. Megállapíthatunk évek közötti különbséget, de elég egy rövidebb kedvező időszak és a „semmiből” visszaállhat a régi rend.

A 19. sz.-tól kezdődő vízrendezésnek, majd a '70-es évek második felétől jellemző csapadékcsökkenésnek köszönhetően (3. ábra) a vizes élőhelyek legfeltűnőbb változása az 1880-as éveket követő 100 évben jellemző, amikor a vízben gazdag területek 84%-a eltűnt és az összterület csupán 5%-át nevezhettük vizenyősnek! A mocsarak kiterjedése ez időszak-

ban 96%-al redukálódott, míg a nyílt állóvizek területe 1960. évre 60%-al csökkent, majd lényegesen nem változott. A csapadéértékek alakulásában nem látható olyan mértékű csökkenés, ami ezt alátámasztaná. A diagramm szerint 1960-ra tapasztalt jelentős változást elsősorban az 1870-es években kezdődő ármentesítést követő 20. sz-i belvízrendezés hatásai idézik elő. 1994-ben az átlagot meghaladó hidrológiai félévi csapadéértékeknek köszönhetően főleg a vizenyős-mocsaras területek növekedtek; újra a 30 évvel korábbi értékek tapasztalhatók.

Igazán nagy mértékű a '90-es évek második felétől jelentkező csapadékos évek hatása, ami az 1999–2000, 2006, 2010–2011. évi adatokon jól látható. Az összes víztartalom kiterjedése a tavalyi és idei évekre már óriási, az eddig ismert elöntéseket meghaladó értékeket mutat. Talán még fontosabb, hogy a nyílt vízfelületek aránya nőtt; amellet, hogy 1999-ben és 2010-ben meghaladja az összes elöntés felét, a katonai térképnél, vagyis a referenciaértékeknél tapasztalt területek több mint másfélszeresét láthatjuk. 2010-ben hidrogeográfiai értelemben gyakorlatilag aktivizálódott a természetközeli állapot (7. ábra). A referenciaállapothoz hasonló vizes állapot az ármentesítés után, csupán az éghajlat alakulására jelent meg, igaz ehez egy különösen extrém csapadékhelyzet és csapadékmennyiségre volt szükség. Megfigyelhető a tavak közötti vízforgalom, ami a '80-as évekre megszűnt illetve a Kelemen-szék, Zab-szék, Büdös-szék, Böddi-szék esetében a nyílt víz kiterjedése soha nem volt ekkora. Az egykor legnagyobb állóvízű Kis-rét mára elsősorban csak mocsaras.

A III. katonai felméréstől napjainkig vizsgált időpontok térbeli elemzése szerint a mintaterület fele potenciálisan vizes-vizenyős elöntés alá kerülhet.

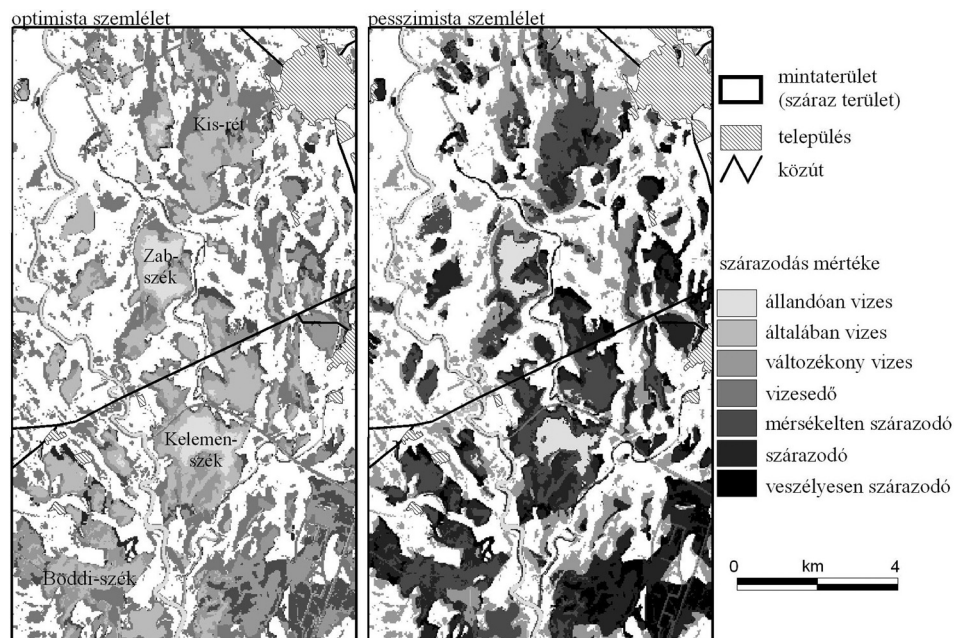


7. ábra Vizek és vizenyős területek térbelisége egy-egy jellegzetes időpontban
 Figure 7. Spatial representation of wetlands in representative years

Ellenben az 1999-2000-es évek után, illetve a 2006. év nagy belvizeit követő években rövid idő alatt újra az 1980-as évek alacsony elöntés értékeit tapasztalhatjuk. Kellő vízutánpótlás hiányában két év alatt, 2001-re a sok víz $\frac{3}{4}$ -e eltűnt és tartósan így is maradt. Különösen feltűnő a 2006–2007 közötti különbség, amikor a kedvezőtlen csapadékviszonyok miatt egy év alatt a nyílt vizek körülbelül 50%-a, a mocsaras részek 85%-a szűnt meg. Jól látható, hogy egy-egy kedvezőbb év hatása nem elég a '70-es évek óta tartó kedvezőtlen, trendszerű folyamatok megszüntetésére; ezt Hoyk (2006) is tapasztalta a Szapann-széken. Az idei 2011-es vízenyős értékek is a megelőző év rekordnagyságú csapadékanak köszönhetők, bár a nyílt vizek $\frac{1}{5}$ -e és a mocsaras területek $\frac{1}{4}$ -e is felszáradt 2011 első félévi esőtlen időszaka miatt (igaz még így is megközelíti 1999 rekordértékeit).

A monitoring szerint egy, a csapadékosabb időben időszakosan aktivizálódó, de egyébként kiszáradó terület prognosztizálható a Felső-Kiskunsági tavaknál.

A sok időpont és a különbségek jellege miatt a legfőbb problémának a szárazodás előfordulásának, vagy mértékének a kérdése a térbeli elemzésben több nehézségbe is ütközik (8. ábra).



8. ábra A szárazodás térbelisége optimista és pesszimista szemlélet szerint

Figure 8. Spatial representation of aridification by optimistic and pessimistic approach

Az 1882. és az 1962. évek alapján megadott referenciaállapothoz viszonyítva a napjainkig tartó megfigyelésben több olyan elem is előfordul, melyeket nehéz egyértelműen besorolni egy hosszú folyamatba (pl. a felszín egyszer nyílt vizes, másszor csak vízenyős vagy száraz). A 8. ábra kategóriái közül az „állandóan vizes” területek a 130 éves időtartamban mindig vizes-vízenyős foltok voltak. „Általában vizes”-ek az átlagos csapadékos évek szerint lehatárolt foltok, míg a csak nagyvizek által elöntött rész a „változékony vizes”. A „mérsékelten szárazodó” kategória az egykori állóvizek mára elmocsarasodott

részeit, illetve a mára kiszáradt egykori mocsarakat gyűjti egybe, valamint ide sorolhatók azok az egykori vizek, amelyek mára csak a nagy elöntéseknél kerültek víz alá. A „szárazodó” osztályba az utóbbi évtizedekben általában szárazon maradó régi vizes-vizenyős foltok kerültek. „Veszélyesen szárazodó” az a terület, amely egykoron vizes volt, de a '80-as évek óta már nem az. Ellentétes folyamatot mutat a „vizesedő” kategória, ahol régen száraz, de ma már vizes felszíneket találunk. A degradációs folyamat megítélésénél – különösen a kérdéses területeknél – két eredményt, egy optimista és egy pesszimista szemléletet adtunk meg. Az optimista esetben a kérdéses foltoknál (pl. „változékony vizes” és „mérsékelten szárazodó” kategóriák közötti átfedések) mindig a kedvezőbb, vagyis a vizesebb meghatározással számoltunk, míg a pesszimista szemlélet szerint a kedvezőtlenebb szárazabb állapotot vettük alapul.

Meghatározásunk alapján a közel 130 éves adatsorban a pesszimista szemlélet szerint a terület 33,5%-a szárazodik, míg az optimista szemléletnél ez 6,5%. A jobb esetben nincs is veszélyesen szárazodó felszínünk, de ha a rosszabb forgatókönyvet vesszük alapul akkor a területünk 6,3%-a ilyen, valamint 15,5% a szárazodó kategóriában fekszik. Újabb eredményeink kedvezőbbek, annak ismeretében, hogy az 1882–2002 közötti felméréseket felhasználva még a mintaterület 40%-át nyilvánítottuk az aridifikáció által veszélyeztetettnek (KOVÁCS 2006).

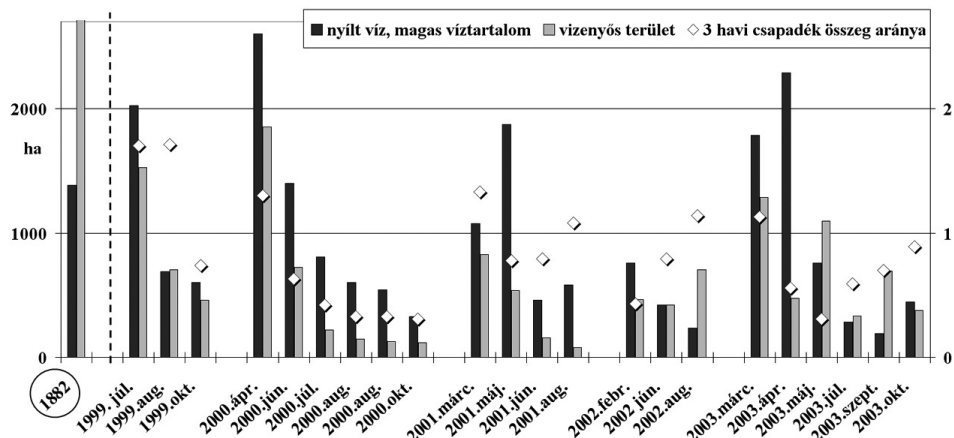
Az egykor nagyobb kiterjedésű vizek, mint a Kis-rét, illetve a Kelemen- és Zab-székét is összekötő Fehér-szék veszélyeztettségének lehatárolása azért is fontos, mert egy-egy tó eltűnése sérti az ökológiai hálózatot. Ökológiai folyosók szűnnek meg a vizes kapcsolatok kiszáradásával. Négy nagyobb vizes folt kivételével valamennyi egykori tó megszűnt mind állóvíz (ráadásul a Böddi-székét a '80-as térképen sem jelölik tónak).

Változékonyág – nagy időfelbontású vizsgálat

A vízforgalom- és a változásvizsgálat miatt is fontos rövid időszakot korábbi tanulmányunkhoz képest (KOVÁCS 2009) bővítettük és pontosítottuk. A 9. ábra jól mutatja; alapvetően a csapadék jelenti a fő vízutánpótlást. A 3 havi csapadék összeg arány visszatekintő index alacsonyabb értékei megmagyarázzák az év során csökkenő vízmennyiséget (pl. 2000), vagy a nyáron is növekvő nyílt vizes-mocsaras felületeket (pl. 2001, 2002, 2003). 2002. év kivételével rendkívüli változékonyág jellemzi a területet; még az alapvetően száraz évnék tartott 2003-ban is az őszi értékek háromszorosa jellemző tavasszal. 2003-ban egy őszi csapadékos hónap is elég volt arra, hogy több, mint 200 ha nyílt víz jelenjen meg a felszínen. 1999–2003 időszak alapján a minimális és maximális elöntéseket tekintve átlagosan 2225 ha-t, vagyis a terület körülbelül 1/6-át érinti az éves vízforgalom.

Klasszikus vízforgalom figyelhető meg az időbeli analógiát tekintve referenciaévnék megadott, belvíz és aszály szempontjából is jelentős 2000-ben. A maximális víztartalomnál a mintaterület több, mint 1/3-a elöntés alatt áll. A meteorológiai tényezőknek köszönhetően az áprilisi értékek rövid idő alatt lecsökkentek (ez évben a havi középhőmérsékletek ¾-e átlag feletti volt). Júniusra fele akkora kiterjedés jellemző, majd júliusra ez az érték is megfeleződik és végül október a pár hónappal korábbi maximális elöntési területek csupán 10%-át mutatja. Körülbelül 4000 ha vizes felület tűnt el április és október között vagyis több mint 22 ha/nap-os az átlagos csökkenés. Ez, egy sekély, például 30 cm-es

átlagmélységgel számolva 120.000 m³ víz elpárolgását, elszivárgását feltételezi! Ez sokkal nagyobb, mint a területről eddig ismert, egy évre vonatkozó vízhiány vagy -többlet. A táj mozaikossága azt a reményt kelti, hogy a szárazodási folyamatok nem irreverzibilisek; a Kelemen-szék és a Zab-szék között felszíni vizes kapcsolat éledt újjá.

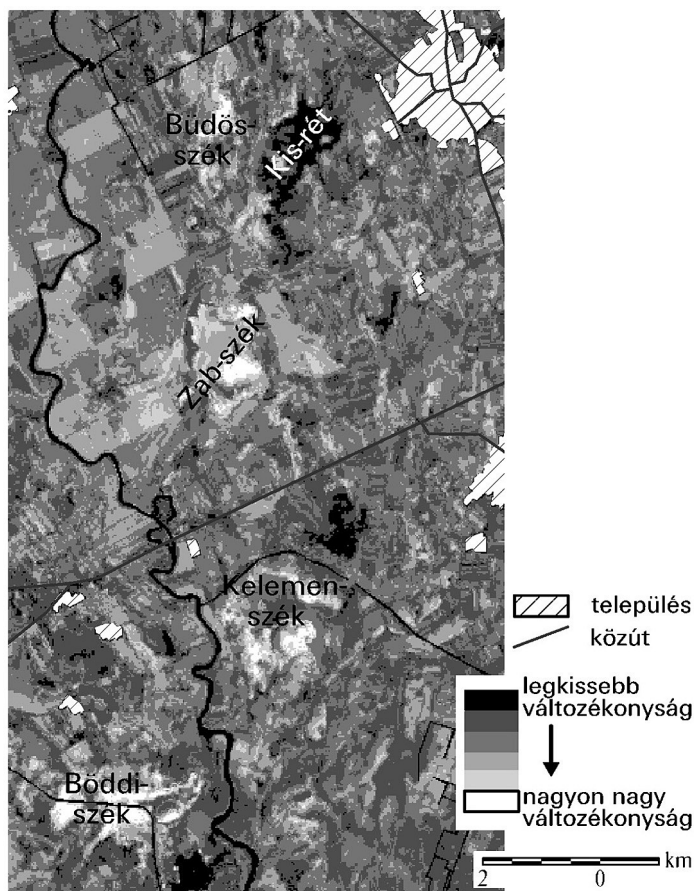


9. ábra Vizes felszínek kiterjedése és a csapadék kapcsolata
(az 1882. évi adatok információ jellegű referenciaértékek)
Figure 9. Relationship between wet surfaces and the precipitation
(1882 shows only information values)

Ennek ellenére több egyéb jellemző is alátámasztja a változásnál tapasztalt, alapvetően csökkenő jellegű trendet. 2000. II. féléve, valamint az előző fejezetekben említett 2001. októbertől 2004. februárig tartó csapadékszegény idő miatt hiába találunk 2001. májusában, illetve 2003. áprilisában sok vizet, ez másfél hónap alatt, kora nyárra már 1/3–1/4-ére csökken. A 2001. évi júniusi felvételen a kedvező csapadékkal bíró első fél év ellenére is csak az egy évvel korábbi előtét negyedét találjuk és 2002. évben ugyanez is csak az ideiglenes mocsarak területe nagyobb. A késő nyári-őszi időben még a csapadékos 1999-ben is csak az ideiglenes vizenyős térszíneknél van lényeges különbség, mert a nyílt vízfelület értékek csak kicsit magasabbak a rákövetkező 2000, 2001 éveknél. 2002–2003-ban tovább csökken a nyílt víz, viszont megnő az ideiglenes előtét.

Az 1999–2003 közötti időszak térbelisége alapján a terület 22%-a víztartalom szempontjából változékony, igaz ennek döntő hányada közepes mértékű (10. ábra). Az ábrán alapján jól lehatárolhatók a világosabb, azaz az időszakosan előtött területek.

Változáselemzés esetén fontosak azok a területek, amelyek a változékonyságtérképezés szempontjából stabilak. A változékony területeken nehezebb pontos változást regisztrálni, illetve veszélyesebb lehet egy folyamat, ha az állandóbb jelenségeket is veszélyeztet. A hosszú időtartamú elemzésben lehatárolt optimista, illetve pesszimista szemléletű eredményeket pontosítottuk a változékonyság térbeli eredményeivel és csak a kis változékonysággal bíró foltokon előforduló eredményeket hagytuk meg (11. ábra).



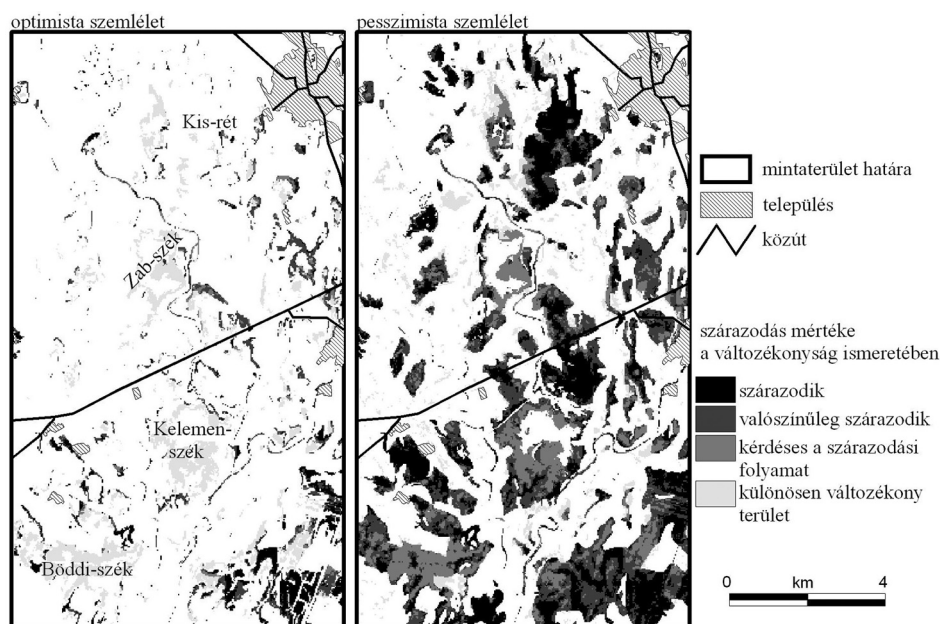
10. ábra A víztartalom változékonysága 1999–2003 alapján
 Figure 10. Instability of surface wetness between 1999 and 2003

A pontosabb térkép szerint a pesszimista szemlélet 33,5%-os szárazodási értéke 24,7%-ra csökkent. Így a mintaterület 20%-a maradna vizes élőhely. Az optimista szemlélet szerint megállapított 6,5%-os értéket 5,6%-ra redukálódott. A Kis-rét, a Zab-szék déli része, a Fehér szék, a Kelemen-szék északi és déli környezete, a Kő-halomi-szék, a Bód-di-szék és északi környezete különösen veszélyeztetett területek.

Az eredmény 11. ábrát látva megfogalmazódik a kérdés, melyik szemlélet mutathatja a valós folyamatokat? A hosszú időtartamú megfigyelésben látható kisebb elöntés adatok, illetve a nagyvizek utáni gyors kiszáradási folyamat mellett biztos, hogy a tavak az optimista véleménynél nagyobb veszélyben vannak. A terület délnyugati, délkeleti és keleti részén, illetve a Zab-szék környezetében még a legkedvezőbb kép is problémákat jelez. A pesszimista kép ellenben nem tükrözi azt az utóbbi pár évben látható kedvező képet, amit a sok csapadék esetén tapasztalhattunk. A csapadék és hidrogeográfia kapcsolatát látva, valamint a dolgozat első felében részletezett klimatológiai csökkenő trendet és a környezetben tapasztalt földrajzi folyamatokat ismerve elsősorban a pesszimista vélemény alkalmazhatósága a valószínűbb.

Összefoglalás

A „fenyegető” klímaváltozás földfelszínen tapasztalható hatásait illetően a borúlátó jóslatok általában hatásosabb eszközt adnak a média vagy a döntéshozás kezébe. A dolgozatban jellemzett felszíni víz, mint kulcsindikátor igazolja a pesszimista, borúlátó előretekintést is. Véleményünk szerint hiba lenne ha ezen a rendkívül változékony mintaterületen csak egy álláspontot fogadnánk el, ami ennek a tájalkotó tényezőnek az objektív értékeléséből is kiderül. Teljesen egyértelmű képet nem is, de egyfajta keretet adunk a tájváltozást illetően. A rendkívül változékony élőhelyek, szikes tavak nagy területű folyamatos térképezése a terepi viszonyok miatt csak távérzékelési módszerekkel oldható meg.



11. ábra A szárazodás térbelisége a változékonyág ismeretében
Figure 11. Spatial representation of aridification in view of instability

A jelenlegi átalakulások statisztikus elemzéséből kirajzolódó trendek nem biztos, hogy jövőre is érvényesek, de térben is be lehet határolni a problémát ezért az objektív természetvédelmi tervezésnek is a nagy időfelbontású monitoring vizsgálatokra alapuló változásértékelés ajánlható. A szárazodó Alföldön az időnkénti változékonyági térképezéssel határozhatjuk meg a változáselemzésben is fontos vízszintváltozásra vonatkozó értéktartomány esetleges eltolódását.

A szárazabb 1980-as évek után a '90-es évek végétől jelentkező csapadékosabb évek hatása mindenképpen kedvező, de a pozitív hatása nem általános. Az egykori vizes területek nagy része a csapadék hatására is csak részben és rövid időre képes újraéledni. Így a jelenlegi változást tekintve is igazodhatunk korábbi megállapításainkhoz, miszerint az egykori tartós vízborítás helyett a jövőben egy a csapadékosabb időben, időszakosan aktivizálódó terület prognosztizálható.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OTKA támogatja (PD 78349).

Irodalom

- BIHARI Z, LAKATOS M., SZALAI S., SZENTIMREY T. 2008: Magyarország néhány éghajlati jellemzője a 2005–2007-es időszakban. OMSZ. Budapest. p.16. www.met.hu/eghajlat/Magyarország/altalanos_jellemzes
- BIRÓ M. 2010: Élőhelytérkép rekonstrukciók módszertani kérdései. In: SZILASSI P., HENITS L. (szerk.): A tájváltozás értékelési módszerei a XXI. században. Földrajzi Tanulmányok V. SZTE TTIK TFGT: 63–106.
- BOROSS E., BIRÓ Cs. 1999: A Duna-Tisza közti szikes tavak ökológiai állapotváltozásai a XVIII-XX. századok időszakában. Acta Biologica Debrecina Supplementum oecologica hungarica 9: 81–105.
- BURAI P., LÉNÁRT Cs., ENYEDI P., TOMOR T. 2010: Légi szenzorok alkalmazása a vizes élőhelyek térképezésében. In: LÓKI J., DEMETER G. (szerk.): Elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában. Debrecen: 161–167.
- CASTAÑEDA C., HERRERO J. 2007: Assessing the degradation of saline wetlands in an arid agricultural region in Spain. CATENA 72(2): 205–213.
- CSORBA P. 2011: Az Alföld tájváltozásának tendenciái. In: RAKONCZAI J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány kötetei 7. Békéscsaba, pp. 149–158.
- DAWSON P.D., PAM M.B., KAMPA, E. 2003: Climate change impacts on freshwater wetland habitats. Journal for Nature Conservation 11: 25–30.
- DÓKA R., ALEKSA R., KÖHALMI F., KEVEINÉ BÁRÁNY I. 2010: A tájváltozások és a társadalmi-gazdasági viszonyok alakulásának összefüggései a Duna-Tisza köze középső részén. In: SZILASSI P., HENITS L. (szerk.): A tájváltozás értékelési módszerei a XXI. században. Földrajzi Tanulmányok V. SZTE TFGT: 159–179.
- DÖMÖTÖR D. 2011: A Tihanyi-félsziget Külső-tavának hosszú idejű vízsztintváltozásainak elemzése távérzékelt állományok retrospektív elemzésével. RS&GIS 1.sz. www.rsgis.eu/index.php/component/content/article/137
- HOYK E. 2006: A szárazodás hatása a vegetáció alakulására homokhátsági szikes tavak példáján. In: KISS A., MEZŐSI G., SÜMEGHY Z. (szerk.): Táj, környezet és társadalom. SZTE, Szeged, pp. 293–303.
- IVÁNYOSI Sz. A. 1994: A Duna-Tisza közti hátságon bekövetkezett talajvízszintsüllyedés hatása természetvédelmi területeinkre. In: PÁLFAI I. (szerk.): A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, pp. 77–87.
- KERÉNYI A. 2008: Éghajlatváltozás: múlt, jelen, jövő. Földrajzi Közlemények 132: 419–431.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I., MUCSI L., TIMÁR B. 2000: A szegedi Fehér-tó állapotváltozásai. In: FRISNYAK S. (szerk.): Az Alföld történeti földrajza, Nyíregyháza, pp. 53–66.
- KLEINOD K., WISSEN M., BOCK M. 2005: Detecting vegetation changes in a wetland area in Northern Germany using earth observation and geodata. Journal for Nature Conservation 13: 115–125.
- KOLLÁR Sz. 2010: Az objektum alapú képosztályozás és a vizes élőhelyek kutatása. Geodézia és Kartográfia 62: 32–51.
- KOVÁCS F. 2006: Tájváltozások értékelése geoinformatikai módszerekkel a Duna-Tisza közén különös tekintettel a szárazodás problémájára. Doktori (Ph.D.) értekezés, SZTE TFGT, Szeged.
- KOVÁCS F. 2009: Változékonyság értékelése vizes élőhelyeken-műholdképek alapján. Hidrológiai Közöny 89: 57–71.
- LADÁNYI Zs. 2010: Tájváltozások értékelése a Duna-Tisza közti Homokhátság egy környezet- és klímáérzékeny kistáján, az Illancson. Doktori (PhD) értekezés. SZTE TFGT, Szeged.
- LAKATOS M. 2009: 2000-2009 a legmelegebb 10 év. Web dokumentum: www.met.hu/pages/2000-2009_legmelegebb_evtized.php
- MÁDL-SZÖNYI J., TÓTH J. 2009: A hydrogeological type section for the Duna-Tisza Interfluve, Hungary. Hydrogeology Journal 17: 961–980.
- MOLNÁR Zs., FEKETE G., BIRÓ M., KUN A. 2008: A Duna-Tisza közti homoki sztyepprétek történeti tájökölógiai jellemzése. In: KRÖEL-DULAY Gy., KALAPOS T., MOJZES A. (szerk.): Talaj-vegetáció-klíma kölcsönhatások. MTA ÖBKI, Vácraót, pp. 39–56.
- NOVÁKY B. 2003: Éghajlat és víz: bizonyosságok és bizonytalanságok. Vízügyi Közlemények 85: 536–546.
- PÁLFAI I. 2007: Szélsőségesen nedves vízháztartási helyzet a Tiszántúl DK-i részén 2006-ban. Hidrológiai Közöny 87: 62–64.
- PÁLFAI I. 2010: A Duna-Tisza közti hátság vízháztartási sajátosságai. Hidrológiai Közöny 90: 40–44.

- PÁLFAI I. 2011: Aszályos évek az Alföldön 1931–2010 között. In: RAKONCZAI J.(szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány kötetei 7: 87–96.
- RAKONCZAI J. 2006: A globális változások hatásai a Duna-Tisza köze vízháztartására. In.: KERTÉSZ Á., DÖVÉNYI Z., KOCSIS K. (szerk.) A III. Magyar Földrajzi Konferencia közleményei. CD kiadvány. MTA FKI, Budapest. p.8. <http://geography.hu/mfk2006/pdf/Rakonczai%20J%E1nos.pdf>
- RAKONCZAI J., CSATÓ SZ., MUCSI L., KOVÁCS F., SZATMÁRI J. 2003: Az 1999. és 2000. évi alföldi belvíz-elöntések kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai. Vízügyi Közlemények, 1998–2001. évi árvizi füzetek. 4: 317–336.
- RAKONCZAI J., KOVÁCS F. 2006: A padkás erózió folyamata és mérése az Alföldön. Agrokémia és Talajtan 55: 329–346.
- REBELO L.-M., FINLAYSON C.M., NAGABHATLA N. 2009: Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. Journal of Environmental Management 90: 2144–2153.
- RÉTHLY A. 1998: Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900-ig. I. kötet. OMSZ, Budapest.
- SCHRETT A. 2005: Vízhíány okozta élőhelyváltozások a Kiskunsági-homokháton. ÖKO 1-2: 100–119.
- SIMON SZ. 2010: Characterization of groundwater and lake interaction in saline environment, at Kelemen-szék lake, Danube-Tisza Interfluve, Hungary. PhD dissertation, ELTE Budapest.
- SOMOGYI S. (szerk.) 2000: A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai. MTA FKI, Budapest.
- SZABÓ M. 2004: Természetközeli élőhelyek változása a Szigetközben a Duna elterelését követően: állapotfelmérés és előrejelzés. In.: DÖVÉNYI Z., SCHWEITZER F. (szerk.): Táj és környezet. MTA FKI, Budapest, pp. 45–63.
- SZALAI J. 2011: Talajvízszint-változások az Alföldön. In: RAKONCZAI J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány kötetei 7: 97–110.
- SZALAI S., LAKATOS M. 2007: Éghajlatváltozás, éghajlati érzékenység. Hidrológiai Közöny 87: 29–32.
- TÓTH A. 2000: A víz tájformáló szerepe az Alföldön. In: Pálfai I. (szerk.): A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei 6. Békéscsaba, pp. 46–50.

Önálló web hivatkozások:

<http://geo.kvvm.hu/tir>

<http://glovis.usgs.gov/>

<http://www.fws.gov/wetlands/>

<http://www.lter-hu.hu/index.html>

<http://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=280>

GIS ASSESSMENT OF HIDROGEOGRAPHICAL CHANGES OF NATURE CONSERVATION AREA
WITH COMPARISON OF SHORT AND LONG TERM ANALYSIS

F. KOVÁCS

University of Szeged, Department of Physical Geography and Geoinformatics
H-6722 Szeged, Egyetem utca 2–6., e-mail: kovacs@geo.u-szeged.hu

Keywords: wetland, monitoring, landscape dynamics, climate change, aridification, remote sensing, GIS

Abstract: The most significant landscape forming factors in the Great Hungarian Plain are humans and water. Before the regulation of the waterways one quarter of the present-day territory of Hungary belonged to the complex network of periodically or permanently inundated flood plains, marshes and swamps. Owing to human activities and the climatic changes observed in the last decades, processes that indicate landscape change have occurred in the Great Hungarian Plain. Loss of wetlands is a major process of landscape change.

Wetlands are sensitive and endangered areas, that is why suitable methods should be developed. Decrease of wetlands is a determinative part of landscape changes by means of antropogen factor. Remote sensing data and methods are irreparable tools to monitoring this prominent conservation objects. Assessment of long term changes and instability with high temporal resolution LANDSAT multispectral images could help to objective assessment. We mapped our sodic lakes sample area (Felső-Kiskunság lakes) with long term (130 years) and short term (4 years) survey to determine the hazardous arridification process. The spatial and statistical evaluation in the very variable sample area is a difficult challenge, what also prove the results. According to favourable aspect only 5.6% of sample area sustain the effects of river regulation and decreasing of precipitation, but this also would be in unfavourable case 33.5%.