

Túri Zoltán¹ – Szabó Gergely²

A NYÍRSÉG FELSZÍNI HIDROLÓGIAI VISZONYAINAK TÉRKÉPEZÉSE KVANTITATÍV ADATBÁZISOK ÉS ÚRFELVÉTELEK ALAPJÁN³

BEVEZETÉS

A Nyírség 4590 km²-es területének a XIX. század közepén megindított integrált környezet-átalakító munkálatok megkezdése előtt a régi térképek szerint mintegy 21%-a (930 km²) volt az év egészében vagy egy részében vízzel borított terület. A középtájtól É-ről, K-ről és D-ről határoló ártéri síkságok és síksági részek – Rétköz, Bodrogek, Szatmári-sík, Beregi-sík, Berettyó–Kálló köze – süllyedékterületein rendszeresen kialakult ár- és belvízi elöntések a Nyírség peremterületeit is érintették, gyakran mélyen benyomultak a buckavonulatok közötti egykori folyóvölgyekbe. A Nyírség nagyobb része az ármentesítő és belvízlecsapoló munkálatok megkezdése előtt lefolyástalan terület volt. Jelenlegi vízhálózatának nagy része az elmúlt 200 évben létrehozott mesterséges csatorna, melyekkel a közel É–D-i futású egykori „ösmedrek” lefolyástalan szakaszainak pangóvizeit vezetik le a befogadóba (Borsy 1961). A Nyírség a belvízcsatorna-hálózat kiépítése előtt bővelkedett természetes állóvizekben, melyek többsége a futóhomokkal elgátolt egykori medermaradványokban, valamint szélkifúvásos mélyedésekben, deflációs laposokban alakult ki. A természetes vegetáció erősen átalakult, sok helyen szinte teljesen eltűnt, a szántóföldi gazdálkodás dominál.

A belvízi kockázatok a mélyebb fekvésű területeken napjainkban is jelentősek. Az 1990-es évek második felében elsősorban a hidrometeorológiai viszonyok megváltozása – a sokévi átlag körüli vagy feletti éves csapadékmennyiségek, a talajvíznívó megemelkedése, stb. – az Alföld ÉK-i részén (is) komoly belvízborításokat eredményezett. Az 1999. évi belvíz előfordulásának valószínűsége az elöntési maximumok hidrológiai-statisztikai értékelése alapján hazánkban mintegy 2,5%, a Felső-Tisza-vidéken és a Nyírségben (kivéve a Dél-Nyírséget) kb. 1%-ra tehető. (Előbbi 40 éves, utóbbi 100 éves átlagos visszatérési gyakoriságot jelent.) A középtájtól D-i részén kb. 33 évenként fordulhat elő hasonló méretű belvízi elöntés. Az 1999/2000. évi téli-tavaszi belvíz országos viszonylatban az elöntött területek nagysága (~360000 ha) és az elöntés tartóssága (több mint hat hónap) alapján is rendkívülinek számít. Bár a mintaterületen ez alkalommal csekélyebb belvízborítások képződtek, azok maximumai időben eltolódva, 2000 februárjában–áprilisában alakultak ki (Pálfai 2004).

Egy határon átnyúló kutatási együttműködés keretében vállaltuk, hogy az EU direktívák alapján elkészítjük a Nyírség és a Bihar-hegység fenntartható talajvédelmi stratégiáját. A stratégia kidolgozása felöleli a szél- és vízerózió, a belvíz-veszélyeztetettség és a talajdegradáció vizsgálatát, a szervesanyag-gazdálkodás és a különböző földhasználati módok hatásának, valamint a talajjavítás lehetőségeinek bemutatását. (Jelen tanulmány a projekt egyik témacsoportjának – a Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából – kutatási részeredményeit foglalja össze.) Ezek közül bemutatjuk a mintaterület valós és potenciális lefolyási viszonyait, meghatározzuk a belvízes területeket, továbbá – módszertani céllal – összehasonlítjuk a közepes geometriai felbontású úrfelvételeken lehatárolt belvízes

¹ **Túri Zoltán**: Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék

E-mail: turi.zoltan@science.unideb.hu

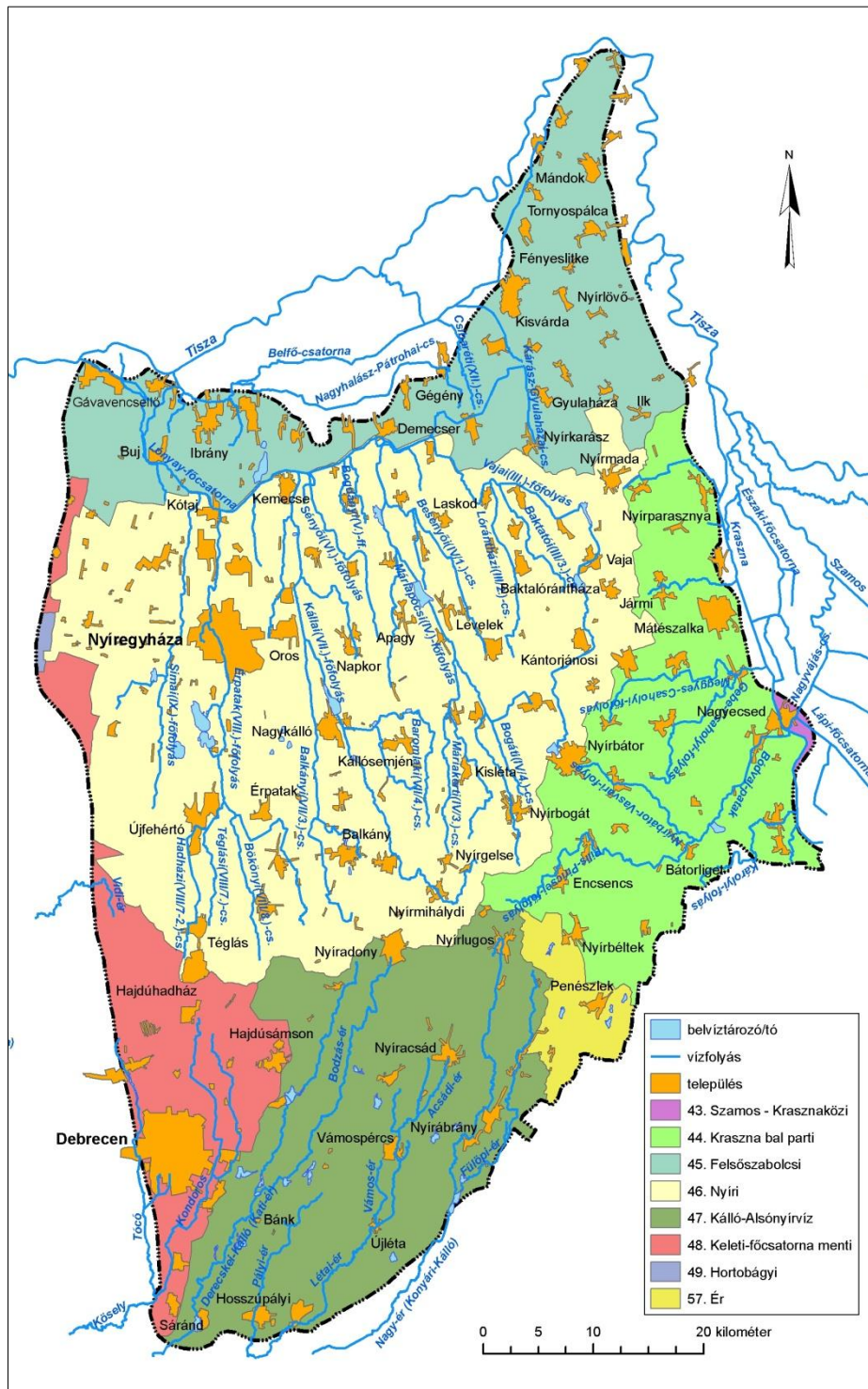
² **Szabó Gergely**: Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék

E-mail: szabo.gergely@science.unideb.hu

³A tanulmány megírását a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 pályázat és A Bihar-hegység és a Nyírség talajvédelmi stratégiájának kidolgozása az EU direktívák alapján (HURO/0901/2.2.3/135.) c. projekt támogatta. Köszönjük a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságnak (Nyíregyháza) és a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóságnak (Debrecen) az adatszolgáltatást.

jelenségekkel érintett területek és a topográfiai viszonyokon alapuló depresszió-térkép térbeli mintázatát.

A középtáj belvízi szempontú értékelésénél a belvízi művekből álló, domborzatilag zárt síkvidéki vízgyűjtőket, a belvízrendszereket vettük alapul (Dégen et al. 1970). Mivel a természeti tájhatárok és a belvízvédelmi egységek határai gyakran nem esnek egybe, ezért tanulmányunkban csak a belvízvédelmi rendszerek Nyírségre eső területét vizsgáltuk. A középtáj területén 8 belvízvédelmi rendszer osztozik (1. ábra).



1. ábra: Belvízvédelmi rendszerek a Nyírségben (a FETIVIZIG és a TIVIZIG adatai alapján)

ANYAG ÉS MÓDSZER

A távérzékeléses technikák alkalmazhatóságát a belvizes területek vizsgálatában számos tényező befolyásolja, korlátozza. A műholdfelvételek kiválasztásánál a következő szempontokat vettük figyelembe: geometriai, időbeli, spektrális és radiometrikus felbontás, felhőzettség, a lefedett földfelszín mérete, egységes képminőség, fajlagos költségek. A felsorolt szempontokat mérlegelve végül a SPOT 4 műhold és a LANDSAT 7 műhold 2000 tavaszán készített közepes földi felbontású multispektrális felvételeinek felhasználása mellett döntöttünk.

A CNES-től megvásárolt SPOT 4 felvételek (©CNES, 2000 of SPOT data production, Distribution Spot Image SA) közül kettőt választottunk ki a belvízi előntések vizsgálatához. A 80-253-as és a 80-254-es felvételezési sávba eső műholdképek kedvező időjárási körülmények mellett 2000. április 18-án készültek. Egy műholdfelvétel 60*60 km-es földfelszíni területet fed le, így néhány kép elegendő lehet egy középtáj távérzékelésen alapuló tematikus kiértékelésére. Hátrányt jelent viszont a kis időfelbontás: ugyanarról a területről kb. 26 naponként (a jelenleg aktív SPOT 4 és SPOT 5 műhold együttes adatszolgáltatása esetén kb. két hetenként) juthatunk adatokhoz. A két HRVIR (High Resolution Visible Infra Red) szenzor 4+1 spektrális sávban (B1 = zöld; B2 = vörös; B3 = közeli infravörös; B4 = középső infravörös; pankromatikus) rögzíti az adatokat, melyek közül az elektromágneses spektrum magasabb hullámhosszú tartományai segíthetnek a növényzet, a víz- és a talajfelszín azonosításában, elkülönítésében. A műholdképek geometriai felbontása multispektrális módban 20 m, a pankromatikus sávban (610–680 nm) 10 m, amelyek együttes használatával akár ~1:25 000 méretarányú belvízelöntési térképek előállítására is lehetőség nyílik.

A hosszú távú (akár 30-40 évet átfogó) globális vagy regionális környezeti monitorozásra kiváló lehetőséget biztosít az ingyenesen elérhető LANDSAT műholdfelvételek adatbázisa, melyek alkalmazása széles körben elterjedt a belvíz-célú térképezésben (is). Vizsgálatainkhoz a LANDSAT 7 műhold ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) képkalkotó berendezésének adatait választottuk, melyeket az Amerikai Geológiai Szolgálat internetes adattárából (<http://glovis.usgs.gov>) töltöttünk le. A 186/26 és a 186/27 felvételezési sávba eső műholdképek 2000. április 23-án készültek. Használhatóságukat a belvízi előntések kiterjedésének felmérésében a felhőborítás számottevően nem korlátozza, bár a felhőzettség aránya az egyik felvételen 21,74% (ez elsősorban a középtájon kívüli területek kiértékelésében jelenthet problémát). A napjainkban működő két LANDSAT műhold észlelési sűrűsége 16 nap (mindkét műhold adatainak felhasználása esetén egy-egy területről heti rendszerességű adatszolgáltatás biztosítható). A kedvezőtlen meteorológiai viszonyok az egyébként sem optimális időbeli felbontást tovább ronthatják, ezért a térben és időben gyorsan változó belvízi jelenségek térképezésére a folyamatosan felvételező, hosszabb visszatérési idejű műholdrendszerek (pl. SPOT, LANDSAT) képei általában csak korlátozottan alkalmazhatók. Minden egyes LANDSAT 7 műholdfelvétel egy 183*170 km-es földfelszíni terület adatait tartalmazza, tehát néhány kép segítségével elvégezhetjük akár a teljes ország távérzékelésen nyugvó vizsgálatát. A LANDSAT 7 ETM+ szenzora 7+1 spektrális sávban végez észlelést, melyek geometriai felbontása a 6 multispektrális sávban (350–2350 nm) 30 m, a termális infravörös sávban (10400–12500 nm) 60 m, a pankromatikus (520–900 nm) sávban 15 m. Ezek együttes alkalmazásával maximum kb. 1:80 000-es vagy 1:100 000-es térképezési pontosságot érhetünk el, mely véleményünk szerint elegendő lehet a belvizes területek mezoléptékű elemzésénél.

A távérzékeléssel előállított adatok feldolgozása (részben) automatizálható, egységes és jó képminőség esetén a műholdfelvételek és/vagy légifotók tematikus kiértékelése képfeldolgozó szoftverekkel gyorsan és szinte rutinszerűen végrehajtható. A közepes és kis felbontású műholdfelvételek esetében problémát jelent viszont, hogy a geometriai felbontás

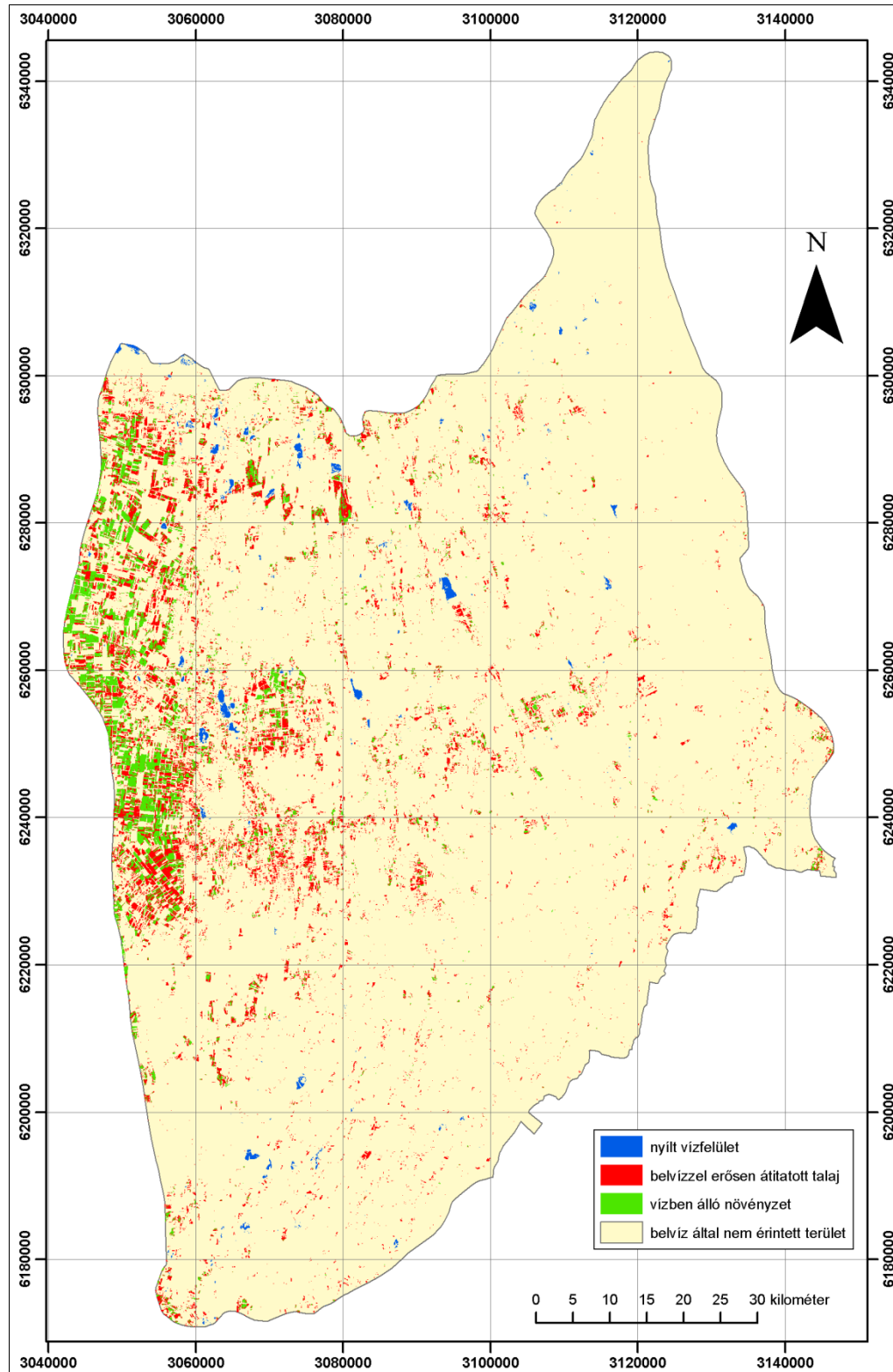
(pl. 20-30 m/pixel) gyakran gyengébb, mint a spektrális reflektancia térbeli léptéke. Emiatt pl. egy LANDSAT műholdfelvétel pixelein (multispektrális sávban egy pixel kb. 0,1 ha-os területnek felel meg) belül eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkező változatos felszínborítási típusok fordulhatnak elő, de a felbontási cellában mégis egyetlen átlagérték fog megjelenni csupán. A kevert képelemeken belüli információk kinyerésére szolgál a szubpixel alapú képosztályozási módszer, mely belvíz-térképezési célú felhasználására a hazai gyakorlatban példát is találunk (Mucsi és Henits 2011). Általánosságban véve a hagyományos pixel alapú képosztályozás során született eredmények bizonytalansága a szubpixel alapú módszer, ill. az objektum orientált képfeldolgozási eljárások alkalmazásával mérsékelhető.

A georeferált, UTM vetületi rendszerű (WGS 84, 34-es zóna) műholdfelvételek mozaikolásához, újramintavételezéséhez (a 30 m-es felbontásnak megfelelően) és a mintaterület kivágatának elkészítéséhez az ERDAS Imagine szoftvert használtuk. A spektrális tulajdonságokat figyelembe véve az IDRISI Andes képfeldolgozó szoftverben végeztük el a pixelek osztályba sorolását. A belvíz-térképezésben számos probléma közül az egyiket az átmeneti zónák (pl. túlnedvesedett talajfelszínek) meghatározása és pontos lehatárolása jelenti. A vegetációs index (NDVI) mintájára Gao (1996) egy olyan dimenzió nélküli mérőszámot vezetett be, amely egy adott terület talajainak, vegetációjának víztelítettségi viszonyait fejezi ki (Dealwis et al. 2007). Az NDWI-index (Normalized Difference Water Index) értékét a talajfelszín, növényzet által a közeli infravörös (NIR) és a középső infravörös (SWIR) hullámhossztartományban visszavert fényintenzitások különbségének és összegének a hányadosával adjuk meg. A nedves talajok a középső infravörös sávban nagymértékben elnyelik a spektrális sugárzást (az elnyelési maximumok ~1450, ~1500 és ~1950 nm) (Karnieli et al. 2001), a közeli infravörös tartományban (700-1100 nm) viszont a nedvességtartalom nem befolyásolja a reflektanciát. A reflexiós fényintenzitás függ a talaj ásványianyag-összetételétől és szervesanyag-tartalmától (Whiting et al. 2004), valamint a levélzet szárazanyag-tartalmától és sejtszövetének szerkezetétől (Fensholt 2004). Mivel mind a két vizsgálatba bevont műhold képalkotó berendezései végeznek észlelést a multispektrális sávokban, ezért az átmedvesedett talajú térrészletek (pixelek) leválogatása nem okozott problémát. A LANDSAT 7 ETM+ esetében a 4-es csatorna a közeli infravörös sávban (780–900 nm), az 5-ös csatorna a középső infravörös sávban (1550–1750 nm) érzékel. A SPOT 4 műholdnál előbbi sávban (790–890 nm) a B3-as csatorna, utóbbiban (1580–1730 nm) a B4 jelű csatorna gyűjti az adatokat.

A képelemek fényintenzitási értékei alapján végeztük el a műholdfelvételek ellenőrzött osztályozását. Először a terepi tapasztalatainkat, a nagy méretarányú szintvonalas térképeket, a felszínborítási adatbázisokat (stb.) és a pixelek spektrális tulajdonságait felhasználva az egyes osztályokat reprezentáló tanulóterületeket jelöltünk ki, mellyel felkészítettük a számítógépet a hasonló tulajdonságú képelemek azonosítására. Az osztályozási fázisban minden egyes pixel spektrális jellemzőit a program összevetette a tanulóterületek adataival, s egy döntéshozatali szabály (maximum likelihood módszer) szerint sorolta be őket az egyes kategóriákba. Az úrfelvétel alapú kiértékelésnél 4 felszínborítási kategóriát határoztunk meg: nyílt vízfelület, belvizzel erősen átitatott talaj, vízben álló növényzet és belvíz által nem érintett terület (2. ábra). Összevonások után az osztályozás eredményét a további feldolgozáshoz vektorizáltuk. A vektoros rétegek vetületi transzformációjához (UTM-ből EOVB-ba) a Global Mapper 11 szoftvert használtuk. A tematikus térképeket és a statisztikai elemzéseket ArcGIS 9-ben, a diagramokat MS Excel-ben készítettük el.

A terepi belvízborítási adatok és a műholdfelvétel alapú kiértékelés eredményeinek összehasonlító elemzését az egyenetlen adatellátottság miatt csak két – egymással szomszédos, hasonló domborzati és hidrogeológiai adottságú – belvízrendszer (Kálló-Alsónyírvíz, Ér) esetében végeztük el. Újabb bizonytalanságot jelent ezeknél a vizsgálatoknál, hogy a különböző típusú adatgyűjtések időpontjai általában nem esnek egybe, ami a térben és

időben folyamatosan változó belvízi elöntések monitorozásánál szükséges volna. A felmérések között eltelt idő ezért jelentősen befolyásolhatja az összehasonlítás pontosságát (Rakonczai et al. 2003). A mintaterületről 2000 tavaszán készült légifotók sajnos egyáltalán nem álltak rendelkezésünkre, melyeket pl. a belvízi célú térképezésnél gyakran a pontosságbecslés referenciaadataként használnak fel.



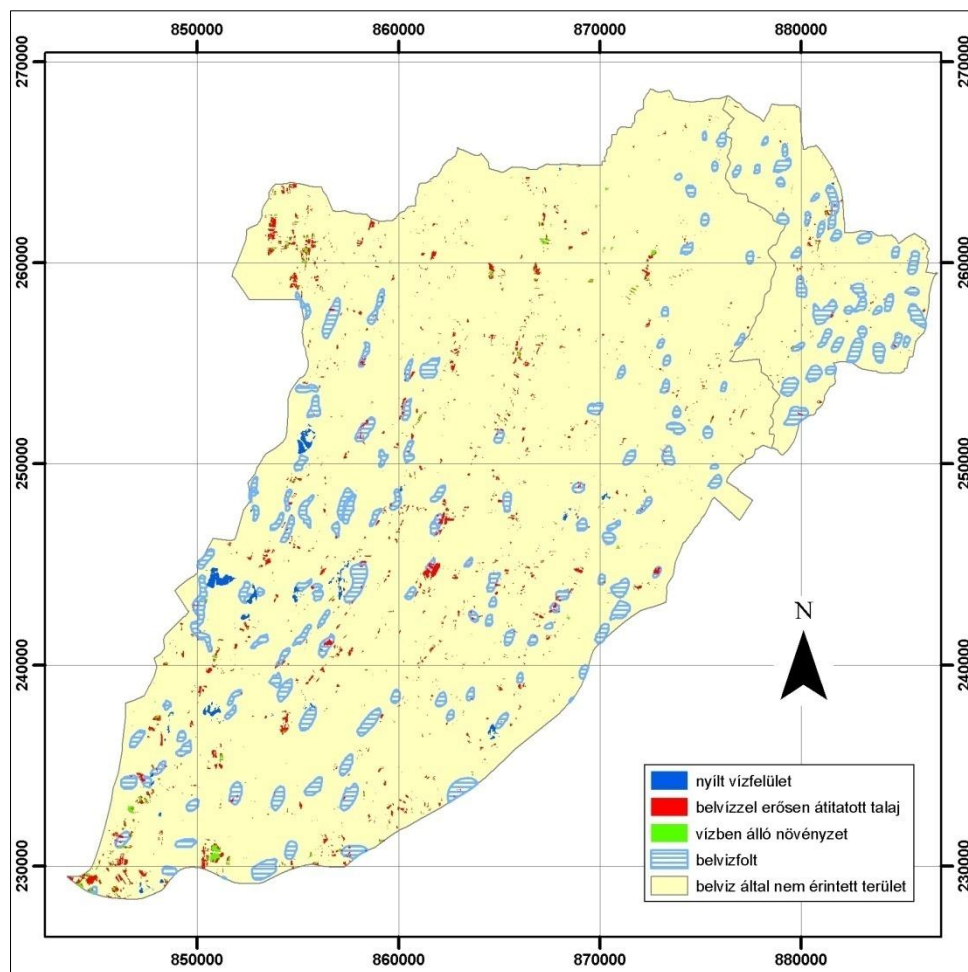
2. ábra: A Nyírség belvízelöntési térképe a műholdfelvételek kiértékelése alapján

A lejtőmeredekség, a lejtőkitettség és a lefolyástérképek megszerkesztéséhez első lépésben elkészítettük a mintaterület digitális domborzatmodelljét részletes topográfiai térképek és terepi mérések alapján, valamint ugyancsak elkészült a mintaterület recens vízhálózatának adatbázisa is. A TIN modellt a későbbi könnyebb felhasználás érdekében raszterizáltuk, majd kvantitatív térképi adatbázisokat generáltattunk. A raszter térbeli felbontásának 100 m-t választottunk. Az így kapott mátrix 840 oszlopot és 1200 sort tartalmaz. Vizsgálatainkhoz IDRISI Taiga, ArcGIS 10, valamint TAS szoftvereket használtunk.

EREDMÉNYEK

Az összehasonlító belvizes elemzések eredményei

A kiértékelt terület nagysága 787,79 km², a Kálló-Alsónyírvíz belvízrendszer 59,9%-a (a középtáj 17,2%-a) (3. ábra). A belvízrendszer nyírvízlaposokkal és részben kötött homokformákkal tagolt felszíne D–DNy-i irányba lejt, az abszolút magasságkülönbség mintegy 70 m. A relatív relief értéke 5–8 m/km² között változik, É-on a vertikális tagoltság ennél nagyobb lehet (Marosi és Somogyi 1990). Belvízlevezető csatornahálózatának hossza több mint 1000 km (Dövényi 2010). A mintaterület laposai, völgytalpai, mélyfekvésű területei belvízveszélyesek. A Kálló-Alsónyírvíz belvízrendszer olvadék- és csapadékvizeinek visszatartására és hatékonyabb levezetésére az 1970-es években egy tározórendszert létesítettek.



3. ábra: A Kálló-Alsónyírvíz (47. sz.) és az Ér (57. sz.) belvízrendszer belvízborítottsága a műholdfelvételek és a terepi felvételezés kiértékelése alapján

A belvízrendszereknek a belvízvédekezés ésszerű, költséghatékony irányításához és végrehajtásához kijelölt részei képezik a belvízvédelmi szakaszokat, melyek mesterséges határait jogszabály rögzíti és a vízügyi igazgatóságok működési területéhez igazodnak (Szlávik 2006). A mintaterület négy belvízvédelmi szakasza közül 2000. április 18–23. között egyben I. fokú, kettőben II. fokú belvízvédelmi készültség volt érvényben, az Alsónyírvíz–Nagy-éri belvízvédelmi szakaszon április 17-én szüntették meg a készültséget. A terepi belvízelöntési térképeken az adott időszak maximális belvízborítást tüntetik fel, s a terepi felmérés és a műholdfelvételek készítése között akár több hét (szélsőséges esetben akár több hónap) is eltelhet. A tematikus pontosságot befolyásolja, hogy az elöntési térképeken csupán a belvizes és a belvíz által nem érintett területek jelennek meg.

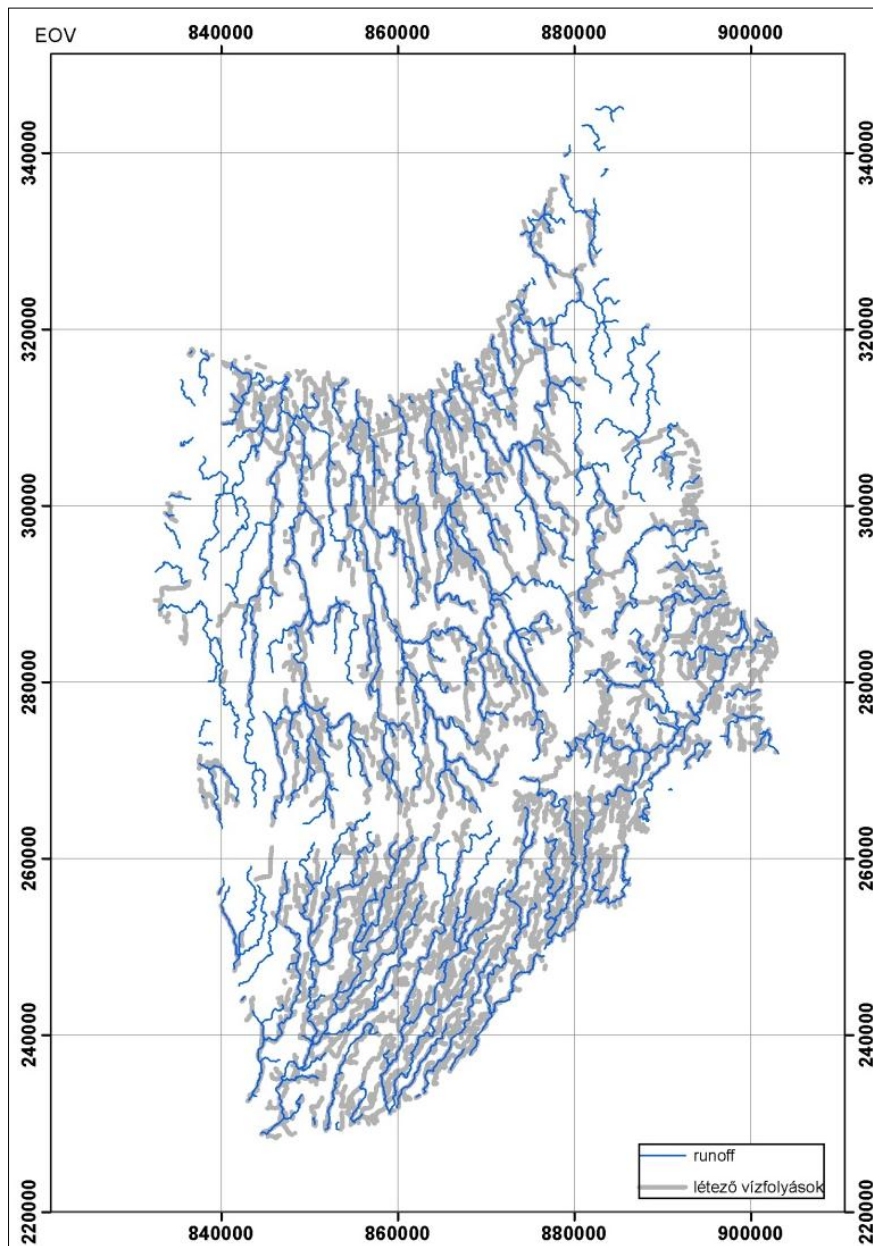
A két adatnyerési eljárás összevetése során azt tapasztaltuk, hogy a terepi felvételezés adatai alig egyeznek meg a műholdfelvétel alapú kiértékelés adataival. Az 1:50 000 méretarányú elöntési térképek több mint kétszer akkora belvízborítást mutatnak, mint a műholdképek három összevont belvizes kategóriájának együttes területe. Ez nem meglepő, hiszen a belvízrendszerben a maximális belvízi elöntéseket február első dekádjában mérték, a műholdfelvételek viszont csak két hónappal később, április második felében készültek. Az eltelt időszak alatt a belvízi elöntések kiterjedése jelentősen csökkent, térbeli eloszlása módosult. A terepi felmérés pontatlanságát jelzi, hogy kisebb területeken a megjelölt belvízfoltok az állandó vízfelületekbe is benyúlnak. A műholdfelvételek kiértékelése alapján készített tematikus térképen a mintaterület 0,34%-a volt nyílt vízfelület, 1,5%-a belvízzel erősen átitatott talajfelszín, 0,23%-a vízben álló növényzet, 97,93%-a belvíz által nem érintett terület. Megfigyelhető, hogy a kisebb-nagyobb belvízfoltok mindkét adatnyerési eljárás esetében túlnyomórészt a belvízlevezető csatornahálózat mentén, a csatornák összefolyásánál, ill. torkolati szakaszain koncentrálnak. A sajátos hidrometeorológiai helyzet mellett a belvízborítások kialakulásában a különböző kezelésű csatornák nem megfelelő karbantartottsága, a műtárgyak vízszállító kapacitásának ideiglenes elégtelensége is szerepet játszhatott.

A vizsgált terület nagysága 89,18 km², a határon átnyúló Ér belvízrendszer magyarországi részének 69,9%-a (a középtáj 1,9%-a). Természetföldrajzi adottságai a másik belvízrendszerhez hasonlóak, belvízlevezető csatornahálózatának hossza több mint 150 km (Dövényi 2010). A terepi belvízborítási adatok és a műholdfelvétel alapú kiértékelés eredményeinek összehasonlító elemzése során a belvízi elöntések térbeli kiterjedése között több mint 18-szoros (!) különbség adódott. Az igen komoly eltérés egyik oka lehet, hogy a belvízrendszerben a belvízelöntési maximumok február elején jelentkeztek, a távérzékelt adatok viszont csak a két hónappal későbbi állapotot rögzítették. Ez idő alatt a belvízi elöntések kiterjedése jelentősen csökkent, térbeli eloszlása módosult. Másrészt arra gyanakszunk, hogy az elöntött területek földi felvételezése túl „nagyvonalúan” történhetett. A műholdfelvételek irányított osztályozása szerint a mintaterület 0,02%-át borította nyílt vízfelület, 0,56%-át sorolta a szoftver a belvízzel erősen átitatott talajfelszín közé, 0,06%-a volt vízben álló növényzet, 99,36%-a belvízmentes terület.

A lefolyási és a mikrodomborzati viszonyok modellezése

A digitális domborzatmodell alapján elkészítettük a középtáj potenciális lefolyási térképét. Ennek alapján modellezhető, hogy bizonyos méretű területekről hol gyülekeznek össze a felszíni vizek és milyen irányokban folynak le. A 100 m x 100 m-es térbeli felbontás már lehetővé teszi, hogy egy viszonylag pontos modellt alkossunk. A 4. ábrán a Nyírség potenciális lefolyástérképét láthatjuk. Ezen a potenciális vízfolyások mellett (vastagabb vonalak) a létező vizeket is jelöltük (vékony vonalak). Összehasonlítva a két réteget megállapíthatjuk, hogy a modellezett vízhálózat jól illeszkedik a valós rétegre. Komolyabb eltérést két területen tapasztalhatunk: északon, a Tisza közelében a mesterséges csatornák

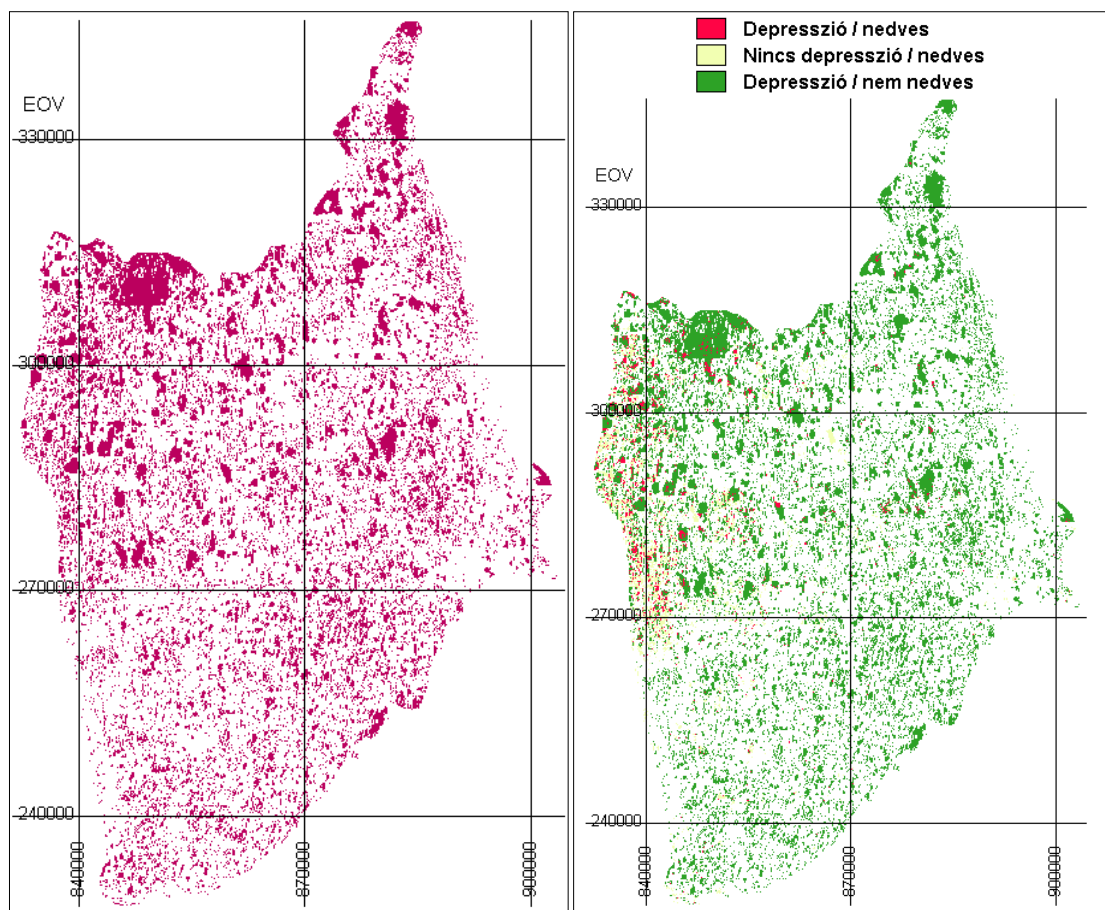
miatt, valamint DK-en, ahol a homokbuckák közti mélyedések esetében a medrek bizonytalansága, valamint a 100 m-es térbeli felbontás okoz eltéréseket.



4. ábra: A Nyírség potenciális lefolyástérképe

A digitális domborzatmodell alapján létrehoztuk a középtáj depresszió-térképét, mely megadja a potenciális mélyedéseket. Ezek alapján elvileg megjósolható, hogy mely területek hajlamosak arra, hogy nagyobb mennyiségű víz megtartásával vizenyössé váljanak, vízzel átitatott talaj jöjjön létre, vagy akár vízben álló növényzet alakuljon ki. Az eredményül kapott térképet az 5. ábra mutatja.

(Természetesen nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy az eredményül kapott térkép kizárólag a domborzat alapján dolgozik, és nem veszi figyelembe a hidrológiailag fontos egyéb tényezőket, pl. a talajtulajdonságokat). Ezt a térképet vetettük össze a műholdfelvételek alapján kalkulált valódi belvizes és belvízzel erősen átitatott területek térképével, hogy lássuk, az milyen kapcsolatban áll a depressziók helyzetével. Ehhez az űrfelvételek rétegeit fedettük a depressziókat tartalmazó réteggel. Az eredményt a 6. ábra mutatja.



5. ábra: A Nyírség depresszió-térképe

6. ábra: A Nyírség potenciális depresszió-térképének és a műholdfelvétel alapú nedves területlehatárolásnak az összehasonlítása

Az 5–6. ábrán láthatjuk, hogy a két féle térkép jelentős eltéréseket mutat. Ahogy azt már részleteztük, a domborzat alapú derivátum önmagában nem elegendő egy ilyen jellegű vizsgálathoz, de jó kiegészítést ad hozzá. Az ábrákról leolvasható, hogy a Nyírség egész területén talált a szoftver potenciális depressziós területeket, azonban ezek közül csak töredék az, ahol valóban tartósan nedves környezet alakult ki. A térkép alapján megállapíthatjuk, hogy a Nyírség nyugati oldalán a legnagyobb a hasonlóság a két adatbázis között, azaz a potenciális depressziók jelentős része itt valóban időszakos vízhatás alatt állhat. Ennek oka az, hogy a Nyugati- (vagy Lőszös-) Nyírség egyrészt anyagában eltér a többi résztől, másrészt pedig a homokterületek beszivárgási zónájától eltérően ez a terület már feláramlási zóna, így a víz könnyebben megjelenik a mélyedésekben. Megállapíthatjuk tehát, hogy a depressziók kiszűrése egy ilyen felszínborítással és morfológiai adottságokkal rendelkező területen nem lehetséges pusztán a topográfiai viszonyok figyelembevételével, hanem ahhoz komplex vizsgálat szükséges.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BORSY Z. 1961. A Nyírség természeti földrajza. Akadémiai Kiadó, Budapest, 227 p.
 DÉGEN I. ET AL. (szerk.) 1970. Vízgazdálkodási lexikon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 67–71.
 DEALWIS, D. ET AL. 2007. Unsupervised classification of saturated areas using a time series of remotely sensed images. Hydrology and Earth System Sciences 11(4): 1609–1620.

- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 222–242.
- FENSHOLT, R. 2004. Earth observation of vegetation status in the Sahelian and Sudanian West Africa, comparison of Terra MODIS and NOAA AVHRR satellite data. *International Journal of Remote Sensing* 25(9): 1641–1659.
- GAO, BC 1996. NDWI. A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment* 58(3): 257–266.
- KARNIELI, A. ET AL. 2001. AFRI – aerosol free vegetation index. *Remote Sensing of Environment* 77(1): 10–21.
- MAROSI S., SOMOGYI S. 1990. Magyarország kistájainak katasztere I. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, pp. 248–267.
- MUCSI L., HENITS L. 2011. Belvízelöntési térképek készítése közepes felbontású űrfelvételek szubpixel alapú osztályozásával. *Földrajzi Közlemények* 135(4): 365–378.
- PÁLFAI I. 2004. Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. Közlekedési Dokumentációs Kft., Budapest, 492 p.
- RAKONCZAI J. ET AL. 2003. Az 1999. és 2000. évi alföldi belvív-elöntések kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai. In: SZLÁVIK L. (szerk.): Elemző és módszertani tanulmányok az 1998–2001. évi ár- és belvizekről. *Vízügyi Közlemények* IV. 317–336.
- SZLÁVIK L. 2006. A 2006. évi árvizek és belvizek krónikája. A Duna és a Tisza szorításában. Közlekedési Dokumentációs Kft., Budapest, pp. 9–36.
- WHITING, ML ET AL. 2004. Predicting water content using Gaussian model on soil spectra. *Remote Sensing of Environment* 89(4): 535–552.