

Felszínfejlődés és területhasználat kapcsolata Bátaapátiban (Mórággy-Geresdi-dombság) – a vízmosások kialakulásának okai

Surface processes and land use at Bátaapáti (Mórággy-Geresd Hills, Hungary) –
causes of gully erosion

KÓRÓDY Gergely¹, KÁZMÉR Miklós¹, SZÉKELY Balázs²

¹Őslénytani Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 1518, Pf. 120 E-mail:
gergo16@ludens.elte.hu

²Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien, A-1040
Wien, Gusshausstr. 27-29., Ausztria

³Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 1518, Pf.
120

Összefoglalás

Bátaapáti a Tolna megye déli határán fekvő Mórággy-Geresdi-dombság egyik völgyében fekszik. A földművelés 800 éves múltra tekint vissza, a szőlőtermesztés 300 éve folyik a dombos területen. Az erdőterületek használatbavétele, a felszínhasználat egyes fajtái a különböző korokban a terület különböző részeit érintették. A Köves-patak vízgyűjtőjének felsőbb részén ma is nagytáblás rendszerben szőlőt és gabonát termesztenek. Ez a térség mára úgy felárkolódott, hogy a lejtőket már kivonták a művelésből, az alsóbb területeken a visszaerdősülés gyakorlatilag teljes. E terület vizsgálatával lehetőségünk nyílik adalékokkal szolgálni a felszínborítás és a vízmosásfejlődés közti kapcsolatra.

A vizsgálatot a Köves-patak vízgyűjtőjén és két kontrollterületen végeztük: (1) A Nagymórággyi-völgytől északra a Cser-dűlő és a Szabad-szántók között fekvő, teljesen erdővel borított völgyben és (2) a Bátaapáti-patak torkolatvidékének lejtőin, melyek mozaikosan erdő- és bozótfoltokkal szabdalva, intenzíven használt legelőterület.

A vizsgálatot a bátaapáti térség vízgyűjtőjét reprezentáló digitális terepmodellen (DTM) végezzük. Ennek bemenő adata (1) a vízgyűjtő domborzatának modellje (DDM), (2) a vízgyűjtő különböző időpontokra vett felszínborítási adatai aszerint kategorizálva, hogy területükön hogyan változtatják a lefolyási viszonyokat, (3) a terepen felmért vízmosások térbeli elhelyezkedése és tulajdonságai.

A domborzati viszonyok alapján meghatároztuk az összes vízmosás vízgyűjtőjét, és elemeztük a domborzatmodellből levezetett lejtőmeredekség-viszonyokat, valamint a különböző felszínborítási kategóriák százalékos összetételét a vízgyűjtők területén.

A terepmodellből és terepi mérésekből nyert adatokat a vízmosásokat mint rekordokat tartalmazó táblázatba foglaltuk az egyes vízmosások attribútumaként, majd statisztikai vizsgálatokkal megállapítottuk a korrelációs összefüggéseket a vízmosások és vízgyűjtők különböző tulajdonságai között. A korrelációk elsősorban a magától értetődő paraméterek között magasak, de indikáció szintjén a morfológiai paraméterek korrelálnak a tájhasználattal is. A leglényegesebb (bár gyenge) összefüggést a vízmosás-aktivitás és a szántók részvízgyűjtő vett aránya között találtuk. Ennek ellenére a tényezők általában kiegészítik egymást, egyik sem játszik meghatározó szerepet a vízmosások folyamatainak és morfológiájának alakításában.

Abstract

Bátaapáti (Tolna county, Hungary) is a small village situated in Mórág-Geresd Hills. According to written evidence, land cultivation started at least 800 years ago, and viticulture is documented for the last 300 years in the hilly area. The transformation of the originally forested areas to arable land and the various land use changes affected the area in different times. Today, the upper catchment of the Köves Creek is dominated by cereal production and vineyards in large parcels, while the slopes dissected by gullies are not cultivated anymore; these were almost completely spontaneously reforested. This area is suitable for studying the relationship between the land use and gully evolution and head retreat.

The study has been carried out in the dissected area of Köves Creek and in two other control areas: (1) a fully forested valley (N of Nagymórág Valley between Cser-dűlő and Szabad-szántók) (2) at the slopes near to the confluence of Bátaapáti Creek to its trunk channel characterised by pastures with a mosaic of forest and scrub patches.

The input data consisted of (1) the Digital Elevation Model (DEM) of the area combined with (2) the land use categories of recent and historical land use maps grouped according to their influence on runoff, and (3) the spatial distribution and properties of gullies from field observations.

The catchments derived from DEM and the slope distribution were analysed together with land use/land cover data. These attributes were summarised in a relational database, and further statistical analyses were carried out to reveal the correlations between the various factors. Beside of the trivial correlations some morphometric parameters seem to correlate slightly with the land use. The most important, though weak, correlation has been recognised between gully evolution activity and percentage of tilled land. Despite these weak correlations, we conclude, that there is no single factor determining the gully morphometry and evolution in the study area.

Bevezetés

A lineáris erózió egyik, a mérsékelt övben is gyakran előforduló megnyilvánulása, a lefolyó víz által a felszínben hosszanti, gyorsan elmélyülő vízmosások létrehozása. A gyors, sokszor néhány év vagy még rövidebb idő alatt történő bevágódás az aktuális földhasználattól függően komoly gazdasági károkat okozhat a művelés meghiúsításával, sőt időnként akár az épített környezet veszélyeztetésével. Az így keletkező völgyeket és vízmosásokat deráziós folyamatok, omlás, csuszamlás, illetve a felületi lefolyás közreműködésével a lepelerozió szélesíti, ami az említett veszélyforrást, illetve kárt tovább növelheti. Ezek az eróziós formák egy meghatározott pontból

indulnak, ahol a lefolyó víz mennyisége eléri azt a mértéket, amikor turbulenssé válik, ezáltal munkavégző képessége ugrásszerűen megnő. A vízmosás ebből a pontból indulva hosszabbodik a lejtő irányával ellentétesen, a hegyoldalban felfelé. Ezt hívjuk hátravágódásnak. A hátravágódás okainak, mikéntjének megértése, sebességének számszerűsítése a potenciális vagy tényleges gazdasági károk miatt is és a felszínfejlődésben játszott szerepének tisztázása szempontjából is rendkívüli fontossággal bír, ennek megfelelően nagy nemzetközi irodalma van, széles körben kutatott témának számít.



1. ábra - Vízmosást lezáró, különösen nagy töréslépcső. A lineáris erózió jelentős részéért ennek a formának a hátrálása felelős. (A kép kb. 8 m széles tartományt mutat.)

Az erózió főleg a vízmosás hosszmeteszében található töréslépcsőknél (headcut) történik (OOSTWOUW WIJDENES et al., 2000). A headcut nem a töréslépcső eredeti értelmében vett tektonikus vagy egyéb réteghatárhoz kapcsolódó forma: megjelenésének oka változatos, akár kaotikusnak is lehet nevezni. Kiváltója lehet a hosszmeteszetre merőlegesen felszínre került gyökér, a vízmosás helyi részleges betemetődése oldalának omlása miatt, vagy erózióbázisszint-csökkenés, de formáját az *eróziós folyamat* adja (BENNETT, 1999). A headcut mint forma folyamatosan halad felfelé a vízmosásban, így az elhordott anyag nagy részéért ez felelős (1. ábra).

A völgyek és vízmosások elágaznak, gráfszerű hálózatot képeznek, a legnagyobb völgytől a legkisebb barázdáig. A vonalas erózió ebben a völgyhálózatban egyre szűkebb környezetben, illetve egyre rövidebb időtávon hasonló folyamatokat mutatva, kvázi fraktális jelleggel megy át lepelerózióba.

Néhány általános megfontolás a vízmosások fejlődésére vonatkozóan

A völgyfejlődést meghatározó tényezők funkcionális elkülönítése

A völgy- és vízmosásfejlődés erodáló közegének, a felszínen lefolyó víznek. lényeges tulajdonsága a vízgyűjtőre és időegységre meghatározott vízhozama, mely a völgy egy adott ponton mért vízszint alatti keresztmetszetétől és a víz áramlásának (a keresztmetszetben változó) sebességétől függ. Vízhözam határozza meg, hogy milyen szemcseméretű hordalékot képes elvinni a víz. A szállított hordalék (mérettartomány szempontjából a finom iszaptól akár a sziklatömbökig) növeli a lefolyó fluidum sűrűségét és ezzel az erózió mértékét. Annak meghatározásában, hogy mennyi víz folyik át az adott területen, fontos a makroklíma, elsősorban a csapadékviszonyok ismerete (BULL et al., 1999). A csapadék időbeli eloszlása a kisebb mérettartományok felé haladva egyre jobban szakaszolja a vízmosásfejlődést (VANDEKERCKHOVE et al., 2003). A nagyobb záporok, a hóolvadások szintén szakaszolják a vízmosásfejlődést, a lehordott anyag legnagyobb része ilyenkor távozik (BULL et al., 1999). A klimatikus tényezők néhány tíz éves időskálán is változásokat mutatnak (STANKOVIANSKY, 2002). A lefolyások becslését kis vízgyűjtőkre (pl. eróziós völgyekre) elsősorban árvizekre határozták meg, de csupán csapadék- és egyes pontokon mért vízhozam adatokra felírt empirikus egyenletekből (KÓRIS, 2003). A domborzatmodell-alapú lefolyásmodellelés egyik alapmodellje GARROTE & BRAS (1995) tollából származik. Ebből fejlődtek ki azok a modellek, melyek már a lefolyás eróziós hatását is vizsgálják (CASALÍ et al., 2003, IVANOV et al., 2004, SIDORCHUK, 2005)

A víz által erodált közeg a felszín, melyet különféle mállottságú kőzetek alkotnak, málladékkukon talajok képződnek. Az erodálhatóság szempontjából fontos a málladék szemcsemérete, ezzel kapcsolatban agyagtartalma (RADOANE et al., 1995). Leginkább az alapkőzet porozitása határozza meg a beszivárgó és a felszínen vagy a felszín közelében lefolyó, tehát a vízmosásfejlődésben részt vállaló víz arányát. A talaj szövete, szerves anyaga, agyag- és kolloid tartalma különböző mértékben növeli a felszín erózióval szembeni ellenálló-képességét. Más oldalról közelítve a vízmosás-erózió különösen fontos szerepet játszik a talaj és a felszín pusztításában (DE PLOEY, 1974). A terepi vizsgálatok túlnyomó része ma is ilyen területeken folyik (FAULKNER et al., 2000, 2003, VANDEKERCKHOVE et al., 1998, 2000, 2001a, 2003, BULL, 1999, OOSTWOUW WIJDENES et al., 2000, RIENKS et al., 2000, KIRKBY & BULL, 2000, FARIFTEH & SOETERS, 1999). A kutatások célja rendszerint a talajvesztés megakadályozására irányul, sokszor kifejezetten mezőgazdasági indíttatással (FAULKNER et al., 2003, VANDEKERCKHOVE et al., 1998, GYSSELS et al., 2002, PROSSER & ABERNETHY, 1999, STRUNK, 2003). Az erózió szempontjából a legfontosabb felszínalakító tényező a növényzet (FAULKNER et al., 2003, VANDEKERCKHOVE et al., 2001a, 2003, STANKOVIANSKY, 2002, VANWALLEGHEM et al., 2003).

A vegetáció szerepe alapvető, hiszen megköti a felszínt, illetve sok vizet vesz fel és párologtat el. Ezért fontos a felszínborítás változásait figyelembe venni a vízmosás-fejlődési modellek készítésénél. Hazai környezetben ZÁMBÓ & GÁBRIS (1977) a Rakaca vízgyűjtőjén kimutatta, hogy a lejtőmeredekség hatása a felszínborítás változásainak hatásával szemben elhanyagolható. A kiváltó tényező a vegetáció hiánya. Ennek eredménye, hogy a viszonylag kevesebb csapadékkal rendelkező területeken a legsúlyosabb a vízmosás-erózió hatása (DE PLOEY, 1974).

Az állatvilág, amennyiben a közvetlen hatásait nézzük, elsősorban taposás útján változtatja a vízmosások viszonyait (STRUNK, 2003). A vaddisznók kedvelik a vízmosásokat, gyakran alakítanak ki a fenekükön dagonyázó helyeket, ahol tömörödik a felszín, agyaglencsék jönnek létre. Ez a hatás lokális, főleg az alsóbb, kisebb lejtésű részeken jellemző.

A társadalom elsősorban a földművelés révén hat a vízmosásfejlődésre. A mezőgazdálkodás folyamán változtatják az erdőterületet, a talajadottságokat. Nő a felszíni lefolyás és a beszivárgás, csökken a párolgás. A felszínt az év nagy részében nem borítják növények, a talajt művelik, lazítják, forgatják, rombolják a szerkezetét. Mindezek következtében nő az areális és a lineáris erózió is. Terepi megfigyeléseink szerint a művelt területeken képződő vízmosásokat igyekeznek eldózerolni. Ezzel szemben a löszmélyutakat rendszeresen kotorják.

Időbeli tagolás

Hosszú távon az ezer évnél nem régebbi, de még a modern katonai felmérések (XX. sz.) előtti idők eseményeit vizsgáljuk. Ez a régi, nagy vízmosások kialakulásának időszaka. Ezek a formák rendszerint már visszaerdősültek, inaktívak. Hátrálásuk lelassult vagy megszűnt. Ha megőrizték aktivitásukat, deráziós völgyük már általában közel van a vízgyűjtőjük határához, így a vizet főleg oldalról kapják, ennek következtében előtérbe kerül a mellékágak fejlődése a hátrálással szemben. A völgy alakja, hosszmetSZete kezdi felvenni a normál esésgörbéjét, több helyen egyensúlyi esést alakít ki. Itt még a hatótényezők közül jellemzőek a klímaváltozások, de már megjelenik az antropogén felszínhasználat mint befolyásoló hatás is. A módszerkészletünk sajnos ezen az időtávon a legszegényesebb, csupán történelmi feljegyzésekre (STANKOVIANSKY, 2002, ZÁMBÓ & GÁBRIS, 1977, GÁBRIS et al., 2000) és térinformatikai elemzésre kevésbé alkalmas térképművekre támaszkodhatunk.

A jelenlegi – részben antropogén meghatározottságú – vízmosásfejlődés az elmúlt évtizedekben (esetleg évszázadban) és napjainkban történik. Ez a lineáris erózió leggyorsabb folyamata. A különböző hatótényezők jól vizsgálhatók, mérhetőek, nagyon kedvező mennyiségben állnak rendelkezésre adatok, térképek (pl. TIMÁR et al. 2006a,b, 2007). A napjainkban zajló eróziós folyamatok feltárásakor új kérdések kerülnek előtérbe. Lehetőségünk nyílik nem csupán a földtani adottságok, de az összes többi tájtényező vízmosásfejlődésre gyakorolt hatásának a vizsgálatára, illetve magának az erózióknak a megfigyelésére, mérésére is.

A terepi mérések a völgyek mélyülésére, fejlődésére, az erózió sebességének, hatékonyságának feltárására koncentrálnak, mint például az üledékek mozgásának követése (LI et al., 2003, KASAI et al., 2005), szuffóziós csatornák térképezése bevezetett füsttel (ZHU et al., 2002) vagy a geodéziai felmérések (WU & CHENG, 2005, JAKAB et al., 2005), morfológiai vizsgálatok (IONITA, 2003) Olyan vízmosásokban, melyekben a feltöltődés váltakozik a bevágódással, lehetőség van sztratigráfiai vizsgálatokra (BULL, 1996, DOTTERWEICH et al., 2003, VANWALLEGHEM et al., 2005). Ígéretes és hatékony módszer a dendrokronológiai módszerek alkalmazása azokban az eróziós formákban, ahol élő növényzet van jelen (VANDEKERCKHOVE et al., 2001 b, 2003). Történeke laboratóriumi vizsgálatok is a kőzetek, talajok erodálhatóságának megismerésére (RIENKS et al., 2000), illetve az eróziós folyamatok laboratóriumi megismertetését és vizsgálatát célozva (BENNETT, 1999, BRYAN, 2000). Viszonylag új jelenség az informatikai módszerek alkalmazása a vízmosásfejlődés vizsgálatában. Térinformatikai eszközökkel lehetőségünk van nyomon követni a felszín állapotának változását, feltárni az összefüggést a vízmosások fejlődése és a környezeti tényezők, pl. a felszínborítás (PROSSER & ABERNETHY, 1999, VANDEKERCKHOVE et al., 2003) között.

A vízmosások hátrálásának (hosszabbodásának) és mélyülésének leírására több matematikai modell született (VANDAELE et al., 1996, DESMET et al., 1999, NACHTERGAELE et al., 2001, KIRKBY & BULL, 2000, FAULKNER et al., 2003, POESEN et al., 2003, PRASAD & RÖMKENS, 2003, SIDORCHUK et al., 2003, TORRI & BORSELLI, 2003), melyek elsősorban a vízgyűjtő nagyságát és a lejtő meredekségét vették figyelembe. Ezen modellek gyengesége, hogy még korántsem tárták fel a vízmosások fejlődésére ható összes tényezőt, illetve hatásukat, így ezek úgy maradnak ki belőlük, hogy nem tudjuk, valójában mekkora szerepet játszanak a folyamatokban. Bonyolítja a problémát, hogy a különböző tényezők ráadásul nem egyforma időskálán fejtik ki a hatásukat.

A vizsgált terület: a Mórággy-Geresdi-dombság

A Mórággy-Geresdi-dombság a Dunántúli-dombság része, a Baranyai-dombság egyik kistája. A Szekszárdi-dombságtól délre található. A vizsgált terület ezen belül a Bátaszék és Bonyhád közti vasútvonaltól délre fekszik, délről északra a 92000 és 100000, nyugatról keletre pedig a 612000 és 621000 EOY-koordináták közt (2. ábra).

A vizsgálandó terület a bátaapáti közösség által különböző időkben és különböző mértékben használt részterület (3. ábra). Az *A* jelzésű terület, a Köves-patak völgye az egész vidék legfelárkoltabb területe, így a jelenlegi vízmosásfejlődési vizsgálataink fókuszja. Ezt a területet a XVIII. század végén törték fel (KOLTA, 1999), de ma már csak a tetőket használják legeltetésre, kukoricatermesztésre. A hegyoldalon gyakoriak a másodlagos társulások, elvadult szőlőindák, hatalmas gyümölcsfák nőnek elszórva, utalva a régebbi művelésre.



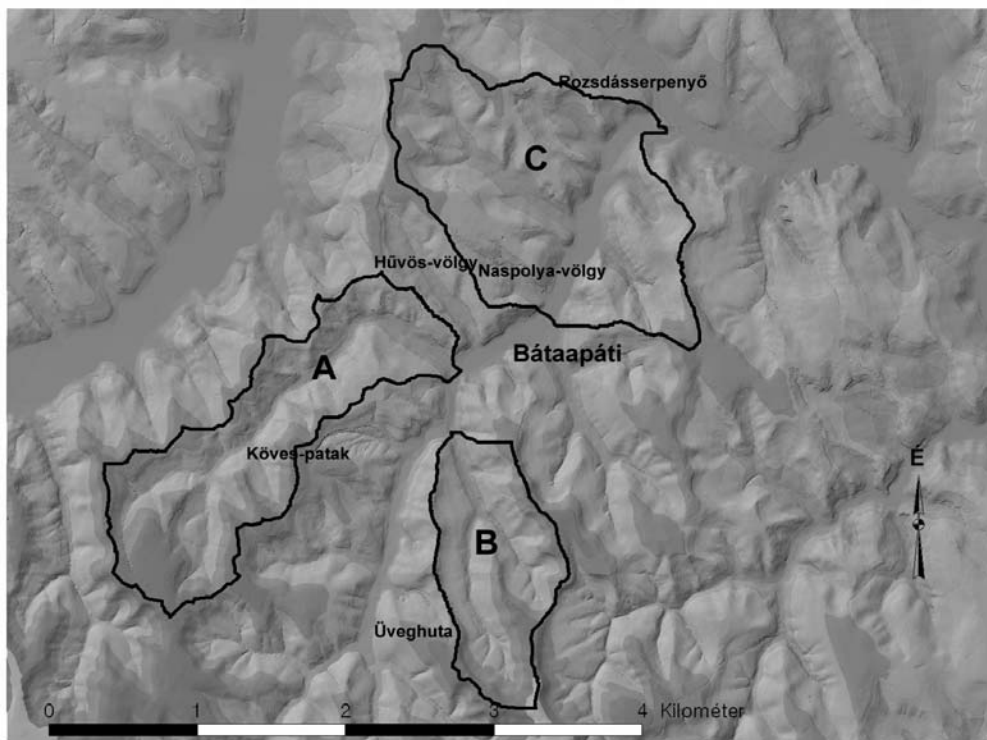
2. ábra. A vizsgált terület – a Mórág-Geresdi-dombság

A B jelzésű vízgyűjtő egy stabil kontrollterület, gyakorlatilag száz százalékban csak erdőművelés alatt álló, kvázi klímazonális erdőkkel (különböző tölgyesekkel) borított, felszíne hosszú ideje nem bolygatott, amire a zárótársulások megléte, illetve a másodlagos társulások hiánya utal. A C jelzésű terület a bátaapáti vízgyűjtő torkolati része, az első nagyobb, önálló mellékvölgyek kiágazása előtt. Itt az előző területtel ellentétben intenzív művelés, illetve legeltetés folyik, az erdős részeken több tarra vágott erdőrézlet is van. Kisebb területeken, főleg a lejtők magasabb részein és a vízmosásoknál cserjések terjednek. A fenti három terület összehasonlító elemzésével vizsgálhatjuk a felszínborítás-változások hatásait.

A vegetáció és a felszínhasználat története dióhéjban

Bátaapáti 1015-től szerepel írásos forrásokban mint bencés birtok, az ehhez tartozó majorságból fejlődött ki a későbbi település. A falu a török időkben 5–16 házat számlál, és utána is évtizedekig stagnál. A komoly fellendülés a német betelepülők megérkezéssel következik be. Az 1764–1786 közti összeírások 149–220 családról számolnak be. A népességnövekedés a művelés területi expanziójával is együtt jár. A

falú népessége szegregálódik, 1786-ban 50 telkes gazdára 85 kisházaz és 75 napszámos, présházban meghúzódó zsellércsalád jut. Ez utóbbi két csoport kis beltelekhez tartozó, konyhakert méretű földön gazdálkodik, ők népesítik be a Naspolya-völgyet, a Húvös-völgyet és a Köves-patakat. Megjelenik a szintén a faluhoz tartozó Rozsdásserpenyő cigánytelep is. Az üveggyártáshoz kapcsolódó településrész (Üvegghuta) 1780 és 1930 közt áll fenn. Ez utóbbi településrészen szintén zsellérek élnek (16 család), akik a nyugati oldalon felhúzóó nadrágszíjparcellákat művelnek, 1773-ban már szőlővel. A föld minősége ekkor BÉL Mátyás szerint jó, a „...felületesen megmozgatott termőföld puhán befogadja a magot, a vidéket át- meg átszövő számos patak pedig bőségesen öntözi, s így a terményeket bőségesen adja vissza.” (BÉL Mátyás: *Notitia Hungariae novae historica geographica*, in: KOLTA, 1999:12). SCHNEIDER Károly viszont 1847-ben így ír: „Az egész apáthi határ csak sűrű erdőből állott. Határa sovány, terméketlen.”, „Hegyei jó vörösbort teremni képes szőlőplántálásra használatnak. Most szántóföldek (nem termékenyek), kertek s kivált igen szép jeles szőlőhegyek virágoznak.” (31-35.o), (KOLTA, 1999:31–35).



3. ábra. A felmért vízmosások elhelyezkedése. **A.** A Köves-patak vízgyűjtője: kétszáz éve művelt, de ma visszaerdősülő terület, aktív vízmosásokkal sűrűn felárkolvá. **B.** A Hutai-patak völgyének történelmi időtávtatban nem bolygatott, viszonylag stabil felszínű részvízgyűjtője. **C.** A bátaapáti patak vízgyűjtőjének torkolatvidéke, intenzív mai felszínhasználattal, erdőirtásokkal, helyenként a visszaerdősülés kezdeti jele, cserjésedés figyelhető meg.

A két idézetet összehasonlítva azt látjuk, hogy ha a két szerző ugyanarról a területről beszélt, a termőföld minőségromlása következett be, ami a lejtős dombsági területek feltörésével gyakran együtt jár. „A telkesek udvarai a hegyre felterjeszkednek, és ott többnyire burgonyával és szőlővesszőkkel be vannak ültetve.” írja SCHNEIDER (KOLTA, 1999:34–35). A talajerózió lehetett egyik oka a szőlőművelés elterjedésének, mely az 1880-as filoxerajárvány után visszaesett, de ma is folyik a tetőkön.

Az erdőhasználat a XVIII. századig tüzelő vágására („Elég erdő lévén fával tüzelnek”, SCHNEIDER, 1847, in: KOLTA, 1999) és makkoltatásra terjedt ki (SIMON, 2004:40). A szakszerű erdőművelés Mária Teréziával kezdődött, ekkortól mérsékelték a jobbágyok vágásait és a makkoltatást. Viszont az itt termelt borok palackozása miatt megjelent egy komoly erdőhasználó ágazat, az üveggészítés, mely Üveghuta településrészhez köthető. Az üveggyártás kb. 1780-tól 1830-ig idényjelleggel folyt. A folyamat során fát használtak a kvarchomok kinyerésére a gránitból (égetéssel történő porlasztás). A meszet 1000 °C-on égették. A keletkező hamuból a hamuzsirt szintén tűzön való főzéssel nyerték ki. Végül a homokot, a meszet és a hamuzsirt szintén nagy hőmérsékleten kellett összeolvasztani (KOLTA, 1999:58). Árvizekről számolnak be a XIX. században, ami az erdőkivágások számlájára írható („Földje és rétjei a gyakori árvizek miatt sokat szenvednek.” (SCHNEIDER Károly, 1847 in: KOLTA, 1999).

Az állattenyésztés az 1880-as évektől nyert fontos szerepet, 1899-ben alakult a bátaapáti tejgazdaság. A termelés 1950-ig folyt, akkor összeomlott (KOLTA, 1999)

A Mórág-Geresdi-dombság ma túlnyomórészt erdő: cseres-tölgyes, gyertyános-kocsánytalan tölgyes, mézskerülő kocsánytalan tölgyes borítja, a mezőgazdasági művelés alatt álló területeket főleg szántók alkotják, ahol búzát, kukoricát és burgonyát termelnek. A talajtakaró agyagbemosódásos barna erdőtalaj, szélsőséges vízgazdálkodással. Termőrétege sekély, minősége gyenge, a VI-VII. kategóriába sorolható. (MAROSI & SOMOGYI 1990:571-575.) Főleg ez lehet az oka a szőlőtermesztés elterjedtségének.

Látjuk tehát, hogy az ezredéves művelés bőven adott lehetőséget a felszabdálódásra, illetve a talaj felületi lepusztulására, amelyre történeti források is utalnak. A legfelárkoltabb terület a Köves-patak völgye, ahol a kistelkes zsellérek laktak a XVIII-XIX. században. A második legtöbb és legnagyobb vízmosás Bátaapáti alatt, a Hutai-patak völgyének nyugati oldalán van, amely fölött a tetőszinten ma nagyüzemi szőlőtermesztés folyik.

Adatok és módszerek

A felhasznált adatok, adatbázis-építés

Térképi alapként a negyedik katonai felmérésen alapuló EOTR-térképet használtuk: az északi részt ábrázoló 24-443 és 24-444 szelvények felmérési ideje 1991, a déli részről készült 14-221 és 14-222 térképet 1980-ban felvételezték.

Domborzati információként egy digitális szintvonalas térképet (EOV koordinátákkal leírt vektoros állományt) is felhasználtunk, itt a szintvonalköz a

szokásos 2,5 m volt. Ennek horizontális pontossága ± 83 cm. Napjainkban a Magyar Állami Földtani Intézet a területen végzett mérési kampánya során felülmérte ezt a fő völgyek mentén (de nem teljeskörűen), itt a térkép pontossága ± 17 cm-re javult (TURCZI et al., 2004).

A vízmosások morfológiájára és más tulajdonságaira vonatkozó adatok saját terepi észlelésekből és mérésekből származnak. A vízmosások méretei és lejtésviszonyai mellett felmértük a növényzeti viszonyokat, illetve az eróziót és feljegyeztük a növényzet dinamikájára vonatkozó információkat is.

A negyedidőszaki völgyfejlődés vizsgálatához a Bátaapáti-Mórággy területen egy komplex területi adatbázist építettünk fel a forrásadatokból, melynek alkalmasak az elemzésekhez szükséges információk hatékony visszakeresésére. Az adatbázisnak modelleznie kell a terület geológiai, geomorfológiai és felszínborítási viszonyait.

A terepmodell alsó szintje a domborzatmodell, a második réteg a felszínborítási viszonyok modellje, a harmadik pedig a recens vízmosásoké. Mindegyik réteget egy adattábla képvisel az adatbázisban.

A jelenlegi vízmosások felmérése

A vízmosások elhelyezkedését GPS-szel mértük fel, hasonlóan WU & CHENG (2005) munkájához, de a rendelkezésre álló technológia kisebb pontossága miatt a vízmosás morfológiája nem, csak futása lett felmérve. A mérés pontossága kb. 3 m, ahol a növényzet, illetve a mély vízmosások fala vagy a völgyoldalak általi takarás nem rontotta le drasztikusan ezt az értéket. A mért adatokat ilyen esetben a domborzatmodell alapján korrigáltuk. A felvett vízmosásokhoz a következő adatokat rendeljük hozzá, JAKAB et al. (2005) módosított, illetve kiegészített felmérési kategóriái után:

- Sorszám: a vízmosások adattáblájának elsődleges kulcsa
- Hosszmetszeti lejtés: A hosszmetsetben, a talaj fölött, két ponton 1–1 méteres magasságban kifeszített zsinór dőlése, fokban. A mérés pontossága $\pm 1^\circ$.
- Az oldallejtők lejtése: A mérési ponton egy, a partfalra fektetett méteres mérőrúd dőlése, fokban. A mérés pontossága $\pm 1^\circ$.
- Mélység: A vízmosás fenekének és rajta a hosszmetsetre merőlegesen, a vízmosás fölött, talajszinten kifeszített zsinór távolsága. A mérés pontossága ± 5 cm, a több méteres vízmosásoknál $\pm 1,5$ m.
- Szélesség: A vízmosás két völgyvalla közötti legrövidebb távolság. A mélység- és szélességadat is az eróziós formára vonatkozik, a hozzá tartozó derázióra nem. Az adat a két fogalom közötti összemosódás bizonytalanságát tartalmazza. A mérés pontossága ± 5 cm, nagy vízmosásoknál $\pm 1,5$ m.
- A vízmosás aktivitása (leírását ld. lejjebb).
- Cserjeszint zártsága (0-100%) becslés alapján, az aljnövényzet vagy avar láthatóságát figyelembe véve

- Lombkoronaszint zártsága (0-100%) becslés alapján, az ég láthatóságát figyelembe véve

A fentiek közül a jelen vizsgálatban talán a vízmosás aktivitása a legfontosabb. Az erózió mértékének leírására terepi megfigyelés alapján hat osztályt különítünk el. Ezek az osztályok nem feltétlenül jelentenek egyenletesen növekvő aktivitást, viszont általánosságban fokozódó aktivitást jelezhetnek a megfigyelt jelenségek alapján. A kategóriák:

- 0: Avarral borított, láthatóan passzív vízmosás
1. Avarral borított vízmosás, ahol a gallyak, ágak irányultságot mutatnak, ami időszakos lefolyásra, de kis hordalékszállításra utal (a 4. ábrán láthatunk erre példát).
2. Sok hordalék, áthalmozott, szállítódó anyag található a vízmosás alján.
3. A vízmosás alja friss, talajmentes, az alapkőzet a felszínen van. A behulló avar, szerves törmelék nem tartózkodik sokáig a vízmosásban, ami nagy hordalékszálítási munkára utal. Ide tartoznak azok a vízmosások is, melyekben már időszakos vízfolyások is vannak.
4. A vízmosás fala meredek, csuszamlások figyelhetők meg benne, amiből arra következtethetünk, hogy a mélyülés sokkal gyorsabban megy végbe, mint az oldalfalak stabilizálódása.
5. Különlegesen aktív, láthatóan nagyon erodálódó, jelentős anyagtranszporttal jellemezhető vízmosás.



4. ábra. 1-es aktivitású vízmosás. A vízmosásban megvan a talaj B, néha az A szintje is, a folyásról a hosszirányban rendeződő gallyak adnak felvilágosítást

A fenti adatokat egy adott, a vízmosásra jellemző ponton vettük fel. Minden vízmosás minden olyan szakaszát külön vonalként vettük fel és tároltuk, mely a fenti tulajdonságaiban viszonylagos homogenitást mutat, ezeket a további elemzés során külön vízmosásnak tekintjük. A mérések pontossága arra elegendő, hogy a vízmosásokat osztályozzuk a kapott eredmények alapján, aminek csak egyik oka a mérési hiba. A másik érdeemben befolyásoló tényező lehet, hogy egy szubjektíven választott ponton történnek a mérések, a vízmosás egészének fejlődése esetenként túl kaotikus, de mindenesetre túl sok tényező által befolyásolt ahhoz, hogy a teljes mért hosszon egyformának tekintsük azt, illetve szubjektíven lehet csak kiválasztani azt a szakaszt, amit homogénnek tekintünk.

A digitális terepmodell felépítése

A domborzatmodell számítása

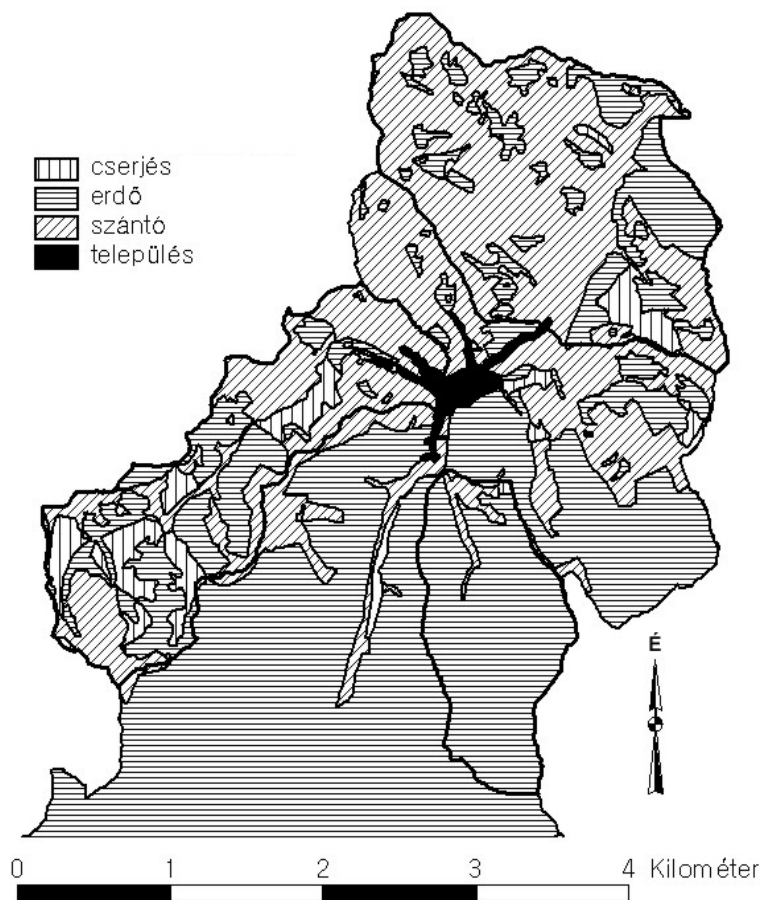
A felszínről készült digitális szintvonalas anyagot TIN alapú interpoláció (Delaunay-trianguláció) segítségével alakítottuk raszteres állománnyá. A TIN az ismert pontokat egy speciális tulajdonságú, ún. Delaunay-háromszöghálóba szervezi, amelyre igaz, hogy az egyes háromszögek mindegyike olyan, hogy eredeti pontok alkotják, és a háromszög köré írt körön belül nincs másik csúcspont. Az így kialakult háromszöghálón belüli síkokkal közelítjük a valós értékeket. Az interpoláció lényegében a felrajzolt háromszögek csúcsai közötti sík egy adott pontjának meghatározása. Az ismert pontok magasságértékét megtartja a domborzatmodell, nem tartalmaz simító, átlagoló vagy más trendelemző eljárást. Mivel a TIN egy szabálytalan vektoros állományt hoz létre (különböző méretű és alakú háromszögekből), a további numerikus vizsgálatokhoz át kell mintavételezni adott felbontású négyzetes raszteres állománnyá. Tekintettel az alapadatok 17 cm-es, illetve 83 cm-es pontosságára, 1 méteres felbontást használtunk. Ennél jobb felbontás nem adna többletinformációt, tekintettel a forrásfájl pontosságára.

A felszínborítás modellezése

A jelenlegi erózió vizsgálatához szükséges a felszínborítás minél pontosabb felmérése. A topográfiai adatokat a negyedik katonai felmérés térképei szolgáltatják. Ezekből készül el a felszínborítási adattábla, melynek adategyedei a homogén felszínborítású poligonok. Ezek attribútuma maga a felszínborítás (5. ábra).

Az adattábla elsősorban a növényborítottságra koncentrálna. *Erdő, művelt terület*, illetve *cserjés* kategóriákat különítettünk el. A *művelt területek* szántók, rétek, legelők vagy szőlők. Ezek viszonylag heterogének erodibilitási szempontból, de közösek abban, hogy a másik két kategóriánál jóval instabilabb felszínt eredményeznek, a különbséghez képest pedig a belső differenciák kevésbé lényegesek. Az összevonást indokolta az is, hogy térképen nehéz elkülöníteni a pontos felszínhasználati kategóriákat. A *cserjések* erózióval szemben szinte az erdőkkel azonos ellenállást

fejtenek ki, ám elkülönítésük azért lehet hasznos, mivel ezek jelenléte gyakran a beerdősülés vagy visszaerdősülés jele. A IV. katonai felmérés térképei elkülönítenek fiatal és idősebb *erdőket* is, de ezek megkülönböztetése gyakran nehézséget okozott, továbbá ezeknek a felmérés során történt elkülönítését, az elkülönítés elvét sem ismerjük. Ez indokolja, hogy mégis egy kategóriaként vettük fel, a terület felszínborítása fejlődésének leírására a különbséget alkalmatlannak minősítettük.



5. ábra. A terület felszínborítási térképe – a 10 000-es térkép alapján három, az erózió szempontjából releváns kategória különíthető el. A felmért területeken ezek meglehetősen mozaikosan helyezkednek el

A vízmosságok modellezése

A vízmosságok adattáblájában a vízmosságok az egyedi rekordok, attribútumaik a terepen felvett és a többi adattáblából származtatott tulajdonságaik.

A vízmosások térbeli adatait a GPS-es felméréssel nyertük, de ez néha komoly korrekcióra szorult az 1980-as alaptérkép alapján, ahol a terepi viszonyok nem tették lehetővé a saját mérések megfelelő műholdas korrekcióját. A kisebb vízmosások, melyekről rövidségük okán kevesebb pontot vett fel a műszer, néha nehezebben lokalizálhatók, mint a hosszabbak, ahol a sok pont hiba szempontjából kiegyenlítettebbnek gondolható.

A vízmosások terepen felvett morfológiai tulajdonságait és vegetációjának jellemzőit attribútumként csatoltuk a vízmosásvektorokhoz, így bármilyen módon tipizáljuk is a vízmosásokat a tulajdonságaik alapján, a típusok területi allokációja lekérdezhető.

Az egyes vízmosásokhoz a felszínborítási és a domborzatmodellek adattáblájából származtatott adatokat is csatoltunk. Az egyik ilyen származtatott attribútum a vízmosások vízgyűjtő területén az egyes felszínborítási kategóriák összterületének aránya. A vízmosások vízgyűjtői a domborzatmodell alapján lehatárolhatók, majd az így nyert, vízgyűjtőket reprezentáló poligonok területén mérni lehet az egyes felszínborítási kategóriák területét annak adattáblája alapján, majd ezeknek kiszámolható az aránya.

A vízmosásvektor két végpontja közötti magasságkülönbség és vízszintes távolságuk hányadosa völgyoldal átlagos lejtőszögének tangensét adja. Ez az érték a felszíni domborzatmodellből kiszámolható, és csatolható az adott horhoshoz attribútumként.

Az adatok elemzése

A vízmosások adattáblájának elemzésével vizsgálható, hogy az adatbázisba integrált környezeti tulajdonságok milyen mértékben és hogyan függenek össze a vízmosások tulajdonságaival. Pearson-korrelációval vizsgáltuk a különböző attribútumok együttmozgását. A nominális változókat is be lehet vonni a vizsgálatba, ha számértéket rendelünk hozzájuk, de felhasználásuk korlátozott, mivel sorrendiséget nehezen lehet megállapítani közöttük (pl. kőzettípusnál egyáltalán nem, a vízmosás vagy a „vízgyűjtő növényzete” kategóriáknál pedig csak nagyon teoretikusan, feltételezésekre alapozva).

A korrelációs értékek általában gyenge összefüggéseket mutatnak, de ez a gyakorlatban nem meglepő. 0,7-nél szorosabb összefüggés csak olyan logikusan összefüggő mennyiségek között tapasztalható, mint pl. a vízmosás szélessége és mélysége. Ez nagyrészt igaz a közepesen erős összefüggésekre is (0,3–0,7). Csak a vízmosások és a környezeti tényezők tulajdonságai közötti kapcsolatra koncentrálna, például a vízmosás hossza és a völgyoldal lejtése közötti negatív kapcsolat magyarázata az, hogy meredek lejtőkön a kis magasságok miatt nincs hely hosszú vízmosások kifejlődésére.

	oldallejtők lejtése	mélység	széles- ség	völgyoldal lejtése	hossz	aktivitás	a vízgyűjtő mérete	cserje- szint zárttsága	lomb- korona- szint zárttsága	felszín- borítás szántó	felszín- borítás erdő
hosszmetszeti lejtés	0,123	-0,042	0,018	0,398	-0,189	-0,162	-0,223	-0,102	0,119	-0,177	0,241
oldallejtők lejtése	X	0,204	0,172	-0,153	0,085	0,354	0,028	0,074	-0,116	0,189	-0,180
mélység		X	0,749	0,020	0,005	0,177	-0,047	0,013	0,013	0,000	-0,100
szélesség völgyoldal lejtése			X	-0,021	0,031	0,079	0,029	0,059	0,017	0,018	-0,072
hossz				X	-0,345	-0,299	-0,400	0,040	0,065	-0,401	0,373
aktivitás					X	0,147	0,778	-0,044	-0,064	0,134	-0,090
a vízgyűjtő mérete						X	0,221	-0,018	-0,041	0,316	-0,294
cserjeszint zárttsága							X	-0,066	-0,091	0,185	-0,150
lombkoronaszint zárttsága								X	-0,496	0,218	-0,176
felszínborítás szántó									X	-0,465	0,291
felszínborítás: erdő										X	-0,796

1. táblázat. A mért paraméterek korrelációinak táblázata. A legerősebb kapcsolatok általában az adattípusokból következő logikai kapcsolatok között van, pl. a vízmosás mélysége és szélessége vagy a százalékos felszínborítási értékek között. A közepes korreláció a vízmosások hosszmetzeti lejtése és a völgyoldal lejtése között (0,4) a horhosok többségének fiatal voltára utal, melyek még nem alakították ki önálló, a völgyoldaltól független lejtőszögű esésgörbéjüket. A leglényegesebb összefüggés a vízmosás-aktivitás és a szántók részvízgyűjtőn vett aránya között van. Ennek ellenére a tényezők általában kiegészítik egymást, egyik sem játszik meghatározó szerepet a vízmosások folyamatainak és morfológiájának alakításában.

A vízgyűjtő mérete és a vízmosáshossz közti szoros kapcsolat a vízhozammal magyarázható: a vízgyűjtő kis kiterjedése miatt a csapadékmennyiség a vízgyűjtőn mindenhol egyformának tekinthető, így egy-egy pontban a vízhozamot szinte kizárólag a vízgyűjtő nagysága határozza meg. A vízhozam – mint már fentebb említettük – pedig az egyik fontos meghatározója (más paraméterek azonossága esetén pedig egyedüli faktora) az erózió mértékének.

A vízgyűjtőkön számolt szántó- és erdőarány szorossága (-0,8) a harmadik komponens, a cserjések kis elterjedését mutatja. A közepes korreláció a vízmosások hosszmetzeti lejtése és a völgyoldal lejtése között (0,4) a horhosok fiatal voltára utal, hogy még nem alakítottak ki saját, egyensúlyi esésgörbét, ami nagyban eltérne a völgyoldal lejtésétől. Itt azonban figyelembe kell azt is venni, hogy a lejtőszög nem lineárisan változik, ami a korrelációt gyengítheti.

A szempontunkból egyetlen lényeges és egyúttal eredménynek is tekinthető kapcsolat a vízmosások és környezeti tényezőik között a közepes kategóriába eső összefüggés (0,32) a vízmosások aktivitása és a vízgyűjtőjükön a szántók és legelők aránya között van. Ez azt mutatja (amit már a bevezetőben idézett cikkek jelentős része is felvet), hogy a felszínborításnak van az egyetlen kimutatható kapcsolata a lineáris erózió tevékenységével. Összességében véve mégis azt látjuk, hogy a területen sok tényező hat a vízmosásfejlődésre, hasonló nagyságrendű intenzitással. A továbbiakban az egyedi sajátosságok vizsgálatának érdekében a vízmosások gyökérkitakaródással datált fejlődéstörténetét is vizsgáljuk (KÓRÓDY et al., 2009).

Következtetések és összefoglalás

A cikkben a felszín felárkolódását vizsgáltuk a Mórág-Geresdi-dombságban, Bátaapáti környékén. A cél egy tipikus magyarországi dombsági területen a vízmosások fejlődésére ható tényezők hatásainak felmérése, a hatások egymáshoz viszonyított fontosságának meghatározása volt.

A nemzetközi szakirodalom hasonló, lösszel fedett területeken általában a felszínborítás változásait, illetve a vízgyűjtő terület tulajdonságait jelöli meg hatótényezőként. A terület történelme alapján elsősorban a XVIII. századtól gyorsan növekvő lakosság erdőhasználatával, talajművelésével hozhatók összefüggésbe a lineáris eróziós folyamatok. Különböző források a lefolyás növekedéséről, a földek termőképességének romlásáról számolnak be az elmúlt háromszáz évben.

Így a vízmosásfejlődésre ható terepi viszonyokat a fentiek alapján a területen felmért vízmosások tulajdonságaival egy digitális terepmodellbe integráltuk. A DTM részei a terület az 1:10.000-es térkép alapján készült nagyfelbontású domborzatmodellje, az ugyanebből a forrásból vett felszínborítási térkép, valamint a saját mérésekből származó vízmosás-adatbázis. A vízmosások morfológiai és dinamikai tulajdonságai viszonylag homogén szakaszonként lettek felmérve és tárolva. Az egyes horhosok részvízgyűjtőinek tulajdonságait a domborzat- és felszínborítási modell alapján határoztuk meg, mint az átlagos lejtés, az erdők, szántók és műveléssel felhagyott területek aránya. Végül a kapott adatok közötti összefüggéseket, együttmozgást vizsgáltuk Pearson-féle korrelációanalízissel.

A vízmosások nemlineáris skálán mért aktivitása és a szántók a részvízgyűjtőn számolt kiterjedése között gyenge, de el nem hanyagolható kapcsolat volt kimutatható ($r = 0,32$). Ehhez fontos adalék, hogy ugyanakkor a vízmosás aktivitása csak $r = 0,22$ értékkel korrelál a vízgyűjtő nagyságával (a vízfolyás hosszával még kevésbé), tehát a szántóterület részaránya valamelyest jobban befolyásolja a vízmosás aktivitását, mint maga a vízgyűjtő (és ezáltal a vízhozam) nagysága. Általában elmondható, hogy a térben és időben változatos tájszerkezetű dombságban nem emelhető ki domináns hatótényező, mely a lineáris eróziós folyamatokat, formákat meghatározza. Így a vízmosások további tipizálására, komplex vizsgálatára van szükség, hogy a konkrét vízmosásokra, azok hátravágódására vonatkozó méréseket értelmezni tudjuk.

Köszönetnyilvánítás

A Bátaapáti terület felszínfejlődésének vizsgálatát a Magyar Állami Földtani Intézet, különösen pedig BALLA Zoltán és TURCZI Gábor támogatta. A Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. és Bátaapáti község polgárai tették lehetővé a terepi munkálatok elvégzését. A munkát az OTKA T43666, T47104, K67583 számú pályázatai segítették.

Források és hivatkozások

- BENNETT Sean J., 1999. Effect of slope on the growth and migration of headcuts in rills. – *Geomorphology* 30, 273–290.
- BRYAN, Rorke B., 2000. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. – *Geomorphology* 32, 385–415.
- BULL, William B., 1997. Discontinuous ephemeral streams. – *Geomorphology* 19, 227–276
- BULL, L.J., KIRKBY, M.J., SHANNON, J., HOOKE, J.M., 1999. The impact of rainstorms on floods in ephemeral channels in southeast Spain, *Catena* 38, 191–209
- CASALÍ, J., LÓPEZ, J.J., GIRÁLDEZ, J.V., 2003. A process-based model for channel degradation: application to ephemeral gully erosion, *Catena* 50, 435–447
- DE PLOEY, J., 1974. Mechanical properties of hillslopes and their relation to gullying in Central semi-arid Tunisia. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement-Band* 21, 177–190
- DESMET, P.J.J., POESEN, J., GOVERS, G., VANDAELE, K., 1999. Importance of slope gradient and contributing area for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies, *Catena* 37, 377–392
- DOTTERWEICH, Markus, SCHMITT, Anne, SCHMIDTCHEN, Gabriele, BORK, Hans-Rudolf, 2003. Quantifying historical gully erosion in northern Bavaria, *Catena* 50, 135–150
- FARIFTEH, Jamshid, SOETERS, Robert, 1999. Factors underlying piping in the Basilicata region, southern Italy, *Geomorphology* 26, 239–251
- FAULKNER, H., SPIVEY, D., ALEXANDER, R., 2000. The role of some site geochemical processes in the development and stabilisation of three badland sites in Almeria, Southern Spain; *Geomorphology* 35, 87–99
- FAULKNER, Hazel, RUIZ, Jose, ZUKOWSKYJ, Paul, DOWNWARD, Stuart, 2003. Erosion risk associated with rapid and extensive agricultural clearances on dispersive materials in southeast Spain, *Environmental Science & Policy* 6, 115–127
- GÁBRIS Gyula, KERTÉSZ Ádám, ZÁMBÓ László, 2000. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment, *Catena* 50, 151–164
- GARROTE, Luis, BRAS, Rafael L., 1995. A distributed model for real-time flood forecasting using digital elevation models, *Journal of Hydrology* 167, 279–306
- GYSSELS, G., POESEN, J., NACHTERGAELE, J., GOVERS, G., 2002. The impact of sowing density of small grains on rill and ephemeral gully erosion in concentrated flow zones, *Soil & Tillage Research* 64, 189–201
- IONITA, Ion, 2003. Hydraulic efficiency of the discontinuous gullies, *Catena* 50, 369–379

- IVANOV, Valeriy Y., VIVONI, Enrique R., BRAS, Rafael L., ENTEKHABI, Dara, 2004. Preserving high-resolution surface and rainfall data in operational-scale basin hydrology: a fully-distributed physically-based approach, *Journal of Hydrology* 298, 80–111
- JAKAB Gergely, KERTÉSZ Ádám, PAPP Sándor, 2005. Az árkos erózió vizsgálata a Tetves-patak vízgyűjtőjén, *Földrajzi Értesítő LIV* (1-2), 149-165
- KASAI, Mío, BRIERLEY, Gary J., PAGE, Mike J., MARUTANI, Tomomi, TRUSTRUM, Noel A. 2005. Impacts of land use change on patterns of sediment flux in Weraamaia catchment, New Zealand, *Catena*, 64, 27–60.
- KIRKBY, M.J., BULL, L.J., 2000. Some factors controlling gully growth in fine-grained sediments: a model applied in southeast Spain, *Catena* 40, 127–146
- KOLTA László, 1999. Bátaapáti II. Egy német ajkú evangélikus közösség életmódja 1730-1930 között, Bátaapáti, Községi Önkormányzat Képviselőtestülete
- KÓRIS Kálmán, 2003. A hazai hegy- és dombvidéki kisvízgyűjtők árvízhozamainak meghatározása, *Vízügyi Közlemények*, 84 (1), 64-77
- KÓRÓDY, G., KÁZMÉR, M., SZÉKELY, B. (2009): Vízmosásfejlődés mérése gyökérkitakaródással (Bátaapáti, Mórág-Geresdi-dombság). In: KÁZMÉR, M. (szerk.): Környezettörténet. Az elmúlt 500 év környezeti eseményei történeti és természettudományi források fényében. Hantken Kiadó, Budapest, pp. 367– 380.
- LI, Y., POESEN, J., YANG, J.C., FUD, B., and ZHANG, J.H., 2003. Evaluating gully erosion using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}/^{137}\text{Cs}$ ratio in a reservoir catchment, *Soil & Tillage Research* 69, 107–115
- MAROSI Sándor, SOMOGYI Sándor, 1990. Magyarország kistájainak katasztere I., MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest
- NACHTERGAELE, J., POESEN, J., STEEGEN, A., TAKKEN, I., BEUSELINCK, L., VANDEKERCKHOVE, L., GOVERS, G., 2001. The value of a physically based model versus an empirical approach in the prediction of ephemeral gully erosion for loess-derived soils, *Geomorphology* 40, 237–252
- OOSTWOUW WIJDENES, Dirk J., POESEN, Jean, VANDEKERCKHOVE, Liesbeth, GHESQUIERE, Maryke, 2000. Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along an ephemeral channel in a Mediterranean environment, *Catena* 39, 147–167
- POESEN, J., NACHTERGAELE, J., VERSTRAETEN, G., VALENTIN, C., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs, *Catena* 50, 91–133
- PRASAD, S.N., RÖMKENS, M.J.M., 2003. Energy formulations of head cut dynamics, *Catena* 50, 469–487
- PROSSER, Ian P., ABERNETHY, Bruce, 1999. Increased erosion hazard resulting from log-row construction during conversion to plantation forest, *Forest Ecology and Management* 123, 145-155
- RADOANE, M., ICHIM, I., RADOANE, N., 1995. Gully distribution and development in Moldavia, Romania. *Catena* 24, 127–146.
- RIENKS, Suzanne M., BOTHA, Greg A., HUGHES, Jeff C., 2000. Some physical and chemical properties of sediments exposed in a gully (donga) in northern KwaZulu-Natal, South Africa and their relationship to the erodibility of the colluvial layers, *Catena* 39, 11–31
- SIDORCHUK, Aleksey, MÄRKER, Michael, MORETTIC, Sandro, RODOLFI, Giuliano, 2003. Gully erosion modelling and landscape response in the Mbuluzi River catchment of Swaziland, *Catena* 50, 507–525
- SIDORCHUK, Aleksey, 2005. Stochastic components in the gully erosion modelling, *Catena*, 63, 299–317

- SIMON Tibor, 2004, A vegetáció és változásai hazánkban és környezetében az első évezred fordulója óta in: Táj és környezet, szerk: DÖVÉNYI Zoltán, SCHWEITZER Ferenc, , MTA-FKI
- STANKOVIANSKY, Miloš, 2002. Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia, *Catena* 51, 223–239
- STRUNK, Horst, 2003. Soil degradation and overland flow as causes of gully erosion on mountain pastures and in forests, *Catena* 50, 185–198
- TIMÁR, Gábor, MOLNÁR, Gábor, SZÉKELY, Balázs, BISZAK, Sándor, VARGA, József, JANKÓ, Annamária, 2006a. Digitized maps of the Habsburg Empire - The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest, 59 p.
- TIMÁR, Gábor, SZÉKELY, Balázs, MOLNÁR, Gábor, BISZAK, Sándor, 2006b. Lipszky János térképének (Magyarország és társországai, 1804-1810) georeferálása térinformatikai alkalmazásokban. *Geodézia és Kartográfia* 58(10), 13-17
- TIMÁR Gábor, GALAMBOS, Csilla, CZIMBALMAS-SZABÓ, Zita, MOLNÁR, Gábor, 2007. Forest cover changes on the catchment of the Békény/Belcina Creek (Gyergyó-Gheorgheni Basin, Eastern Carpathians) from the 18th century to nowadays. *Studii și Cercetări, Geologie-Geographie [Complexul Muzeal Bistrița-Năsăud. Bistrița]* 12, 111-116
- TORRI, Dino, BORSELLI, Lorenzo, 2003. Equation for high-rate gully erosion, *Catena* 50, 449–467
- TURCZI Gábor, ALBERT Gáspár, HAVAS Gergely, TISZA András, 2004. Földtani térmodell építése és alkalmazása a Bátaapáti (üvegutai) telephelyen, *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2003., Bp., MÁFI, szerk: Balla Zoltán, 293.o.*
- VANDAELE, Karel, POESEN, Jean, GOVERS, Gerard, VAN WESEMAEL, Bas, 1996. Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision, *Geomorphology* 16, 161-173
- VANDEKERCKHOVE, L., POESEN, J., OOSTWOUW WIJDENES, D., DE FIGUEIREDO, T., 1998. Topographical thresholds for ephemeral gully initiation in intensively cultivated areas of the Mediterranean, *Catena* 33, 271–292
- VANDEKERCKHOVE, L., POESEN, J., OOSTWOUW WIJDENES, D., GYSSELS, G., BEUSELINCK, L., DE LUNA, E., 2000. Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid mediterranean environments, *Geomorphology* 33, 37–58
- VANDEKERCKHOVE, L., POESEN, J., OOSTWOUW WIJDENES, D., GYSSELS, G., 2001a, Short-term bank gully retreat rates in Mediterranean environments. *Catena* 44, 133–161
- VANDEKERCKHOVE, L., MUYS, B., POESEN, J., DE WEERDT, B. COPPE, N., 2001b. A method for dendrochronological assessment of medium-term gully erosion rates, *Catena* 45, 123–161
- VANDEKERCKHOVE, L., POESEN, J., GOVERS, G., 2003. Medium-term gully headcut retreat rates in Southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements, *Catena* 50, 329–352
- VANWALLEGHEM, C T., EECKHAUT, M., VAN DEN, POESEN, J., DECKERS, J., NACHTERGAELE, J, OOST, K VAN, SLENTERS, C., 2003. Characteristics and controlling factors of old gullies under forest in a temperate humid climate: a case study from the Meerdaal Forest (Central Belgium), *Geomorphology* 56, 15–29
- VANWALLEGHEM, T., BORK, H.R., POESEN, J., SCHMIDTCHEN, G., DOTTERWEICH, NACHTERGAELE, J., BORK, H, DECKERS, J., BRÜSCH, B., BUNGENEERS, J., DE BIE, M., 2005. Rapid development and infilling of a buried gully under cropland, central Belgium, *Catena*, 63, 221–243.
- WU, Yongqiu, CHENG, Hong, 2005. Monitoring of gully erosion on the Loess Plateau of China using a global positioning system, *Catena*, 63, 154–166

ZÁMBÓ, László, GÁBRIS, Gyula, 1977. Examination of relationships between vegetation, slope conditions and gully formation on the model of a hill-country catchment area, *Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös Nominatae*, Tom. XI-XII., 37-58