

**KARSZTOS SZURDOKVÖLGYEK VIZSGÁLATA TÉRINFORMA-
TIKAI ESZKÖZÖKKEL AZ
ERDÉLYI-KÖZÉPHEGYSÉGBEN**

**GEOINFORMATICAL ANALYSIS OF KARSTIC GORGES IN THE
APUSENI MOUNTAINS**

EISAM ELDEEN FATIMA

ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C
e.e.fati@gmail.com

Abstract: Gorges are deep, steep walled valleys which can provide useful information about past drainage development, stratigraphic settings or the ancient climatic conditions. Nowadays more and more digital elevation models (DEMs) are freely available via the internet. This can provide very good opportunities to use them for geomorphological analysis. In this study I have evaluated four DEMs from different data sources and compared their usability for the analysis of gorges. Then I have tested three geoinformatical methods focusing on automatic gorge detection. This approach can be effectively applied to get information easily about less known areas or as a preparation for any karstic field work.

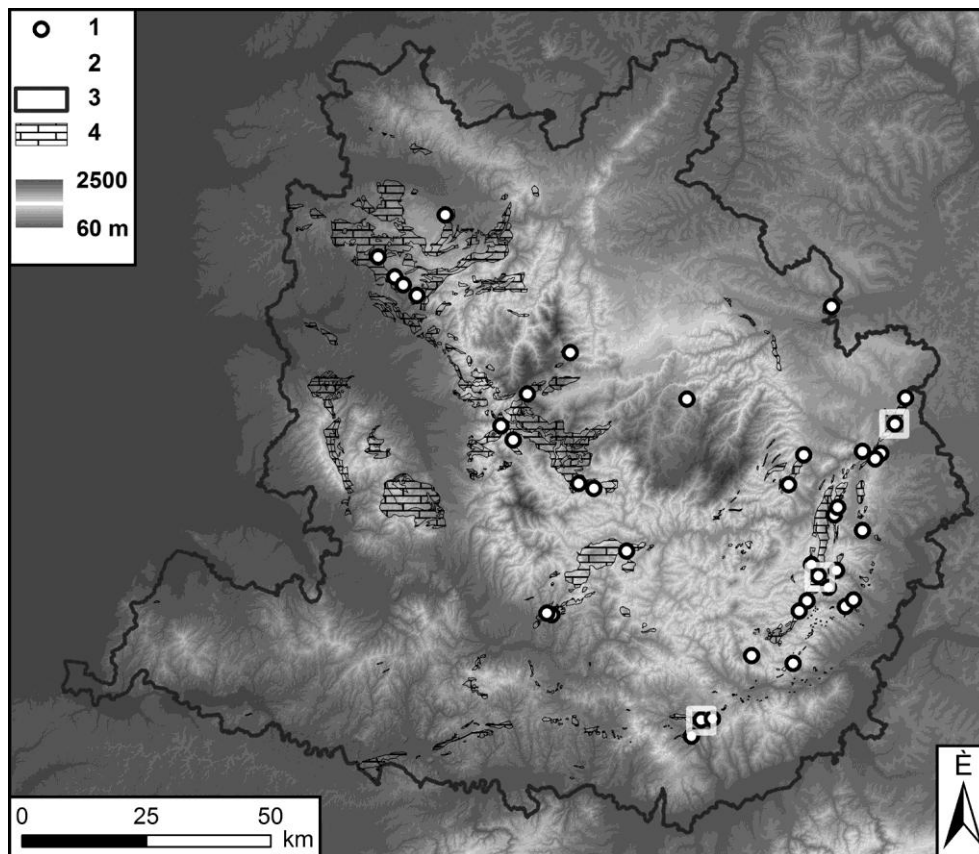
Bevezetés

A szurdokvölgyek mély és meredek falú völgyszakaszok, melyek igen látványos és jellegzetes felszínformák. A múltbeli felszínfejlődés vizsgálata során sok hasznos információval szolgálhatnak a kutató számára. Kirajzolhatnak egykori fő lefolyási irányokat, utalhatnak az adott terület tektonikai múltjára, korábbi fedettségi viszonyaira, vagy akár klímaváltozásra is. Karsztos térszínen ezek a formák hosszú ideig megőrződhetnek, így a mérsékelt éghajlati övezetben jellemző karsztos felszínformának tekinthetők.

Napjainkban nagy ütemben növekszik az internetről letölthető domborzati adatbázisok száma, és ezzel egy időben természetesen az elemzési lehetőségeké is. A vizsgálandó terület megismerése kulcsfontosságú bármilyen morfológiai kutatás szempontjából. Ezért a terepi bejárást megelőzően hasznos lehet a mintaterület elemzése az elérhető adatok alapján. Ilyen lehet a terepmodell elemzés, amivel nem csak egyszerűsíthetjük a későbbi feladatainkat, de optimalizálhatjuk is a terepi munkát.

Kutatásom során az Erdélyi-középhegység területét vizsgáltam, ami az Alföld és az Erdélyi-medence közt helyezkedik el. Felépítés szempontjából megtalálhatók itt takarós szerkezetek, neogén vulkanitok, valamint flis-összletek mészkőszirtekkel. A középhegység területén a karsztos képződ-

mények különféle típusait lehet elkülöníteni például morfogenetikai, szerkezet-földtani, kőzettani vagy morfo-klimatikus jellemzők szempontjából (MÓGA 1995, 2004). Összességében elmondható, hogy a jelentősebb szurdokvölgyek mindegyike karsztos kőzetekhez köthető. Felszíni előfordulásuk az 1. ábrán látható (GIUSCÁ – BLEAHU 1967).



1. ábra: Az Erdélyi-középhegység domborzati térképe (1 – jelentősebb szurdokvölgyek, 2 – vizsgált völgyek, 3 – mintaterület, 4 – karsztos térszínek)

Figure 1: Relief map of Apuseni Mountains (1 – main gorges; 2 – analysed valleys; 3 – study area; 4 – karstic areas)

Jelen munkámban egy alapkutatást mutatok be, melyben ingyenesen letölthető terepmodellek összehasonlító elemzését végeztem el. Elsősorban arra voltam kíváncsi, hogy a leggyakrabban használt terepmodellek közül melyik tekinthető megbízhatóbbnak a vizsgálataim szempontjából, valamint hogy melyiken hogyan jelennek meg a szurdokvölgyek. Másodsorban egyszerű elemzési módszerekkel próbáltam automatikusan kijelölni, hogy hol találhatóak ezek a völgyek.

Alapadatok és módszertan

Az elemzés során a terület 1:25 000-es méretarányú román topográfiai térképszelvényeit, 1:200 000-es méretarányú geológiai térképét (*GIUSCĂ – BLEAHU* 1967), a területről fellelhető 1:30 000-es, 1:50 000-es, illetve 1:60 000-es méretarányú turistatérképeket, valamint négy különböző digitális terepmodellt használtam fel. A terepmodellek fajtái:

- SRTM (terepi felbontás: ~90 m/pixel),
- ASTER GDEM (terepi felbontás: ~30 m/pixel),
- EU-DEM (terepi felbontás: ~30 m/pixel),
- Jonathan de Ferranti-féle (terepi felbontás: ~90 m/pixel).

A terepmodellek mindegyike ingyenesen letölthető bárki számára. Az SRTM adatbázist 2000-ben a NASA hozta létre radar-interferometriás felmérés alapján. Ez a közel globális adatbázis több felbontásban áll rendelkezésre, ebből a felmért terület egésze 3'' felbontásban érhető el (*SRTM* 2014, *TELBISZ* et al. 2013). Az ASTER GDEM adatbázis 2009-ben készült el sztereo ürfelvételek fotogrammetriai kiértékelése alapján. Az SRTM-nél nagyobb lefedettséggel rendelkezik, horizontális felbontása 1'' (*ASTER* 2014, *TELBISZ* et al. 2013). E két adatbázis hibridjeként hozta létre 2013-ban az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) az EU-DEM adatbázist, ami Európa területének magassági modelljét tartalmazza. Ez az adatbázis 1'' felbontású és a két alapadat optimális kombinációja (*EU-DEM* 2014). Jonathan de Ferranti pedig meglévő adatforrások pontosításával készíti saját adatbázisát, amelyben jelenleg elérhetők többek között a Föld összes kontinensét lefedő 3'' felbontású adatok is (*Jonathan de Ferranti* 2014, *TELBISZ* et al. 2013)

Fontos megjegyezni, hogy a különböző terepmodellek magassági adatai sokféle hibával terheltek. Morfológiai vizsgálatoknál problémát jelenthet például, hogy az adatok tartalmazzák a növényzet és minden egyéb tereptárgy magasságát is. Emellett az egyre kisebb felbontás felé haladva a szűk és mély völgyek természetesen egyre kevésbé jelennek meg (*TI-MÁR* et al. 2003).

A vizsgálat első lépéseként a különféle terepmodellek, illetve az azokból levezetett állományok (magassági és lejtőszög hisztogramok) összehasonlítását végeztem el, majd három kiválasztott szurdokvölgy esetében azonos vonalak mentén hossz- és keresztelvényeket rajzoltam fel. Ezt követően három módszerrel vizsgáltam a szurdokvölgyek detektálhatóságát a modellek alapján.

Az első az úgynevezett kivonás volt, amely során az SRTM modell minden egyes pixelértékéből kivontam a Ferranti-féle modell értékeit, majd az így kapott állományt kategóriákra osztottam és értékeltem.

A második módszer során a kiválasztott terepmodellt egy hidrológiai modellezésben gyakran használt eljárással korrigáltam. Ez az úgynevezett feltöltés („*fill*”) művelet, amely az állományban előforduló „gödrök” kiküszöbölésére alkalmas, amelyek lehetnek valóban lefolyástalan mélyedések, de nagyon gyakran az adat valamilyen hibájáról van szó (eredhetnek például az interpolációs eljárásból, vagy nem megfelelő felbontásból). A mélyedések mellett az is jellemző, hogy a szűkebb völgyek hibásan jelennek meg, völgytalpuk helyenként általában magasabb értékekkel rendelkezik, mint az a valóságban van. A korrigálási eljárás lényege, hogy a felszínen fiktíven lefolyó víz elakadás nélkül továbbhaladjon. A feltöltés során minden egyes mélyedés (cella), ami a körülötte lévő celláknál alacsonyabban helyezkedik el, megkapja a legalacsonyabb szomszédos cella értékét, így ha egy szűk völgytalp viszonylag magas értékkel rendelkezik, az érkező vízfolyás irányában feltöltött, lapos térszín keletkezik. Az így kapott állományból kivontam az eredeti állományt, s megkaptam, hogy melyik térszínnek töltődtek fel.

Végül pedig egy rövid számítási modellt készítettem, aminek segítségével a mintaterület vízfolyásai mentén vizsgáltam a terep tagoltságát. A digitalizált vízfolyások töréspontjai köré 500 méter sugarú pufferezónát készítettem, majd minden egyes zónában kiszámoltam az arra a területre eső magassági adatok relatív szórását. Ez a statisztikai érték szoros összefüggésben van a lejtőszöggel is mindamellett, hogy a terep tagoltságát tudjuk vele jellemezni. (TELBIŠZ et al. 2013).

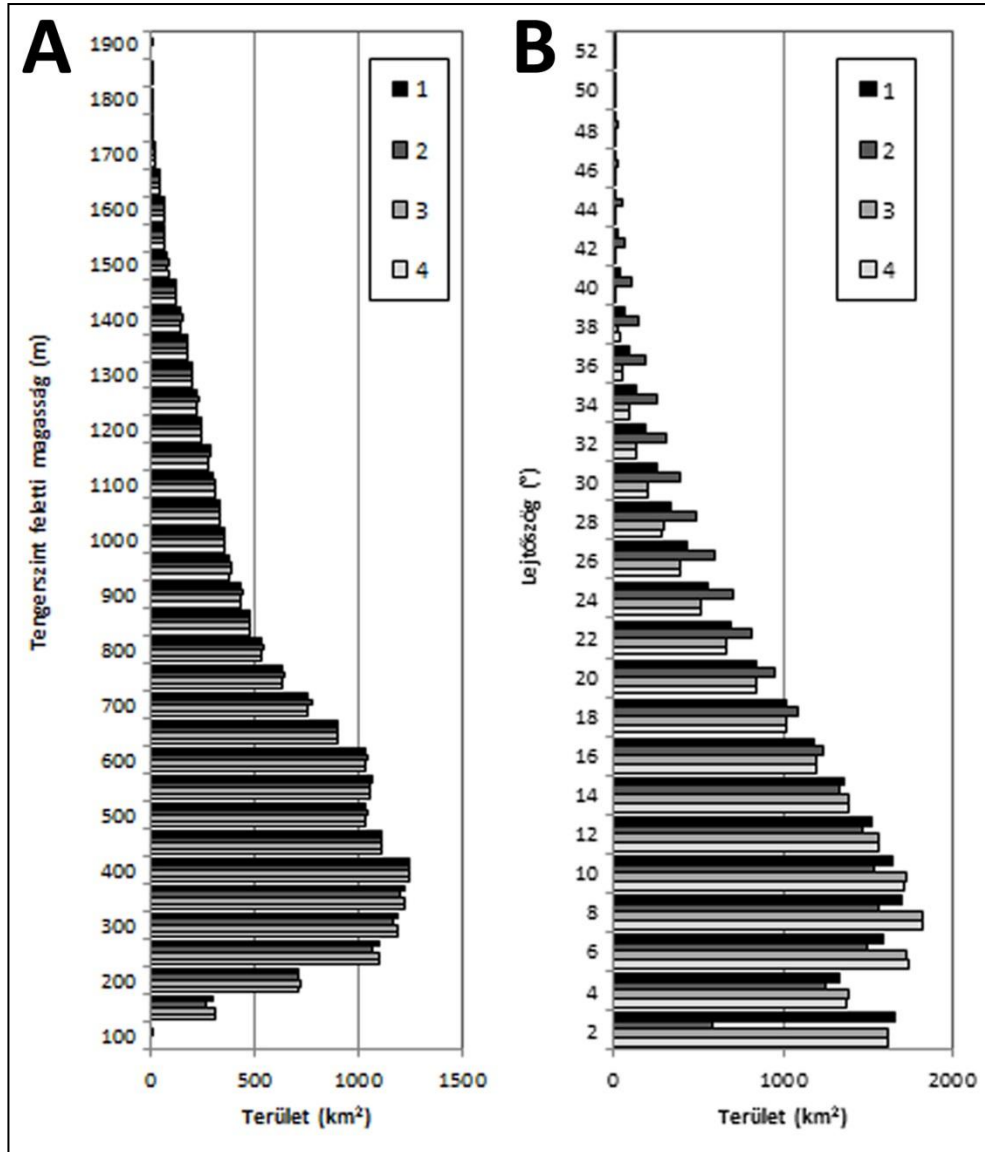
A térinformatikai elemzéseket ArcGIS Desktop 10.0 szoftverkörnyezetben végeztem el.

Térinformatikai elemzések

Terepmodellek összehasonlítása

Az ingyenesen letölthető terepmodellek jól használhatók nagy területű morfológiai és morfometriai vizsgálatokhoz, azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy ezek mindegyike többféle hibával terhelt. Számos tanulmány foglalkozik ezzel a kérdéskörrel (TIMÁR et al. 2003, KIENZLE 2004; SZABÓ 2006). A négy terepmodellt magasság és lejtőszög alapján hasonlítottam össze.

A magassági hisztogramok az egyes kategóriákban csak kismértékben különböznek egymástól, ránézésre szinte egyformán futnak (2. ábra/A). Jobban megfigyelhető eltéréseket az EU-DEM és az ASTER GDEM sávjai mutatnak.



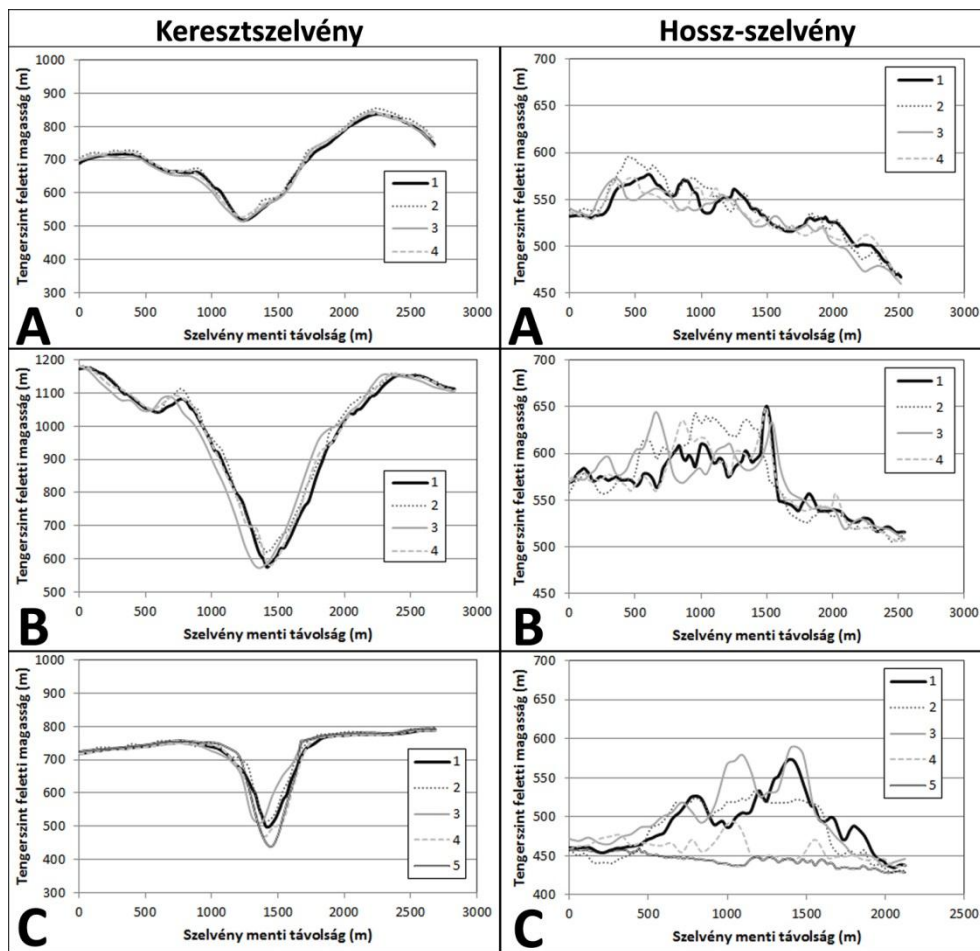
2. ábra: A mintaterület magassági (A) és lejtőszög (B) hisztogramjai
 (terepmodellek: 1 – EU-DEM, 2 – ASTER GDEM, 3 – SRTM, 4 – Ferranti)
 Figure 2: Elevation (A) and slope (B) histograms of the study area
 (digital terrain models: 1 – EU-DEM, 2 – ASTER GDEM, 3 – SRTM, 4 – Ferranti)

A lejtőszög értékekben, melyeket 2 fokként ábrázoltam, már több eltérés mutatkozik az egyes modellek esetén. Megfigyelhető, hogy az ASTER GDEM a magasabb lejtőszög kategóriákban jobban reprezentált, míg az alacsonyabbakban kevésbé. Az SRTM és a Jonathan de Ferranti-féle terepmodell közel egyforma futást mutat, ami egyrészt annak köszönhető, hogy megegyezik a terepi felbontásuk, másrészt az SRTM az egyik alapadata a Ferranti-féle modelleknek.

Három szurdokvölgy esetében vizsgáltam meg a terepmodelleket hossz- és kereszt-szelvények alapján, ezeknek a térképi elhelyezkedése az *1. ábrán* látható. Először az Erdélyi-Érc-hegységben található Glódi-szorost (*3. ábra/A*), majd a Torockói-hegység Remete-szorosát (*3. ábra/B*) és a Tordai-hasadékot (*3. ábra/C*) elemeztem. A kereszt-szelvényekről elmondható, hogy a görbék többnyire együtt futnak mind a négy terepmodell esetén, azonban látható, hogy a meredekebb völgyek esetében nagyobb eltérések mutatkoznak, mint a Glódi-szorosnál.

A hossz-szelvényeknél már sokkal nagyobbak az eltérések, jellemzően a görbék futása nem hasonlít egymáshoz. A szelvényeket a turista térképek szintvonalai alapján rajzoltam fel, ami nem tökéletesen igazodik a modellekhez, így lehet, hogy egyik sem, még a topográfiai térkép alapján készített hossz-szelvény sem lejt egyenletesen. Megfigyelhető, hogy minél meredekebb falú egy völgy, annál inkább eltérnek az egyes szelvények egymástól. A Tordai-hasadék esetében a nagyobb mélységet mutató görbe a topográfiai térkép alapján digitalizált domborzatmodellből készült, az nagyobb mértékben tér el a többitől. Az is megfigyelhető, hogy a topográfiai térkép alapján készített domborzatmodell görbéihez a Ferranti-féle modellből származó hossz-és kereszt-szelvények hasonlítanak a leginkább.

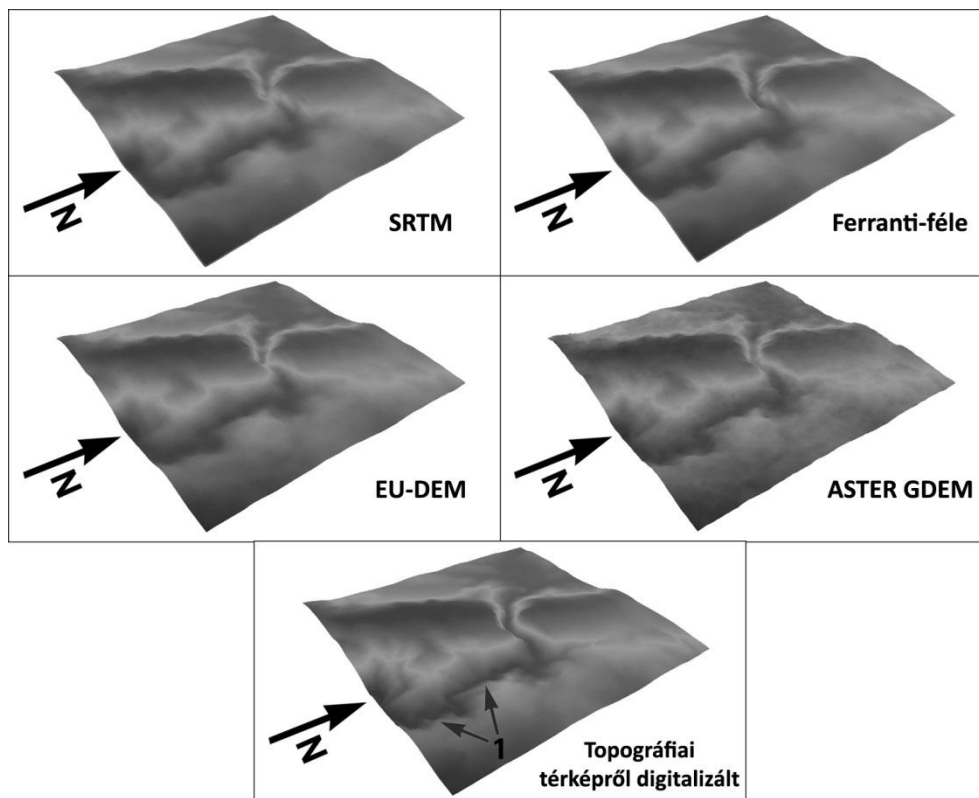
A Tordai-hasadék terepmodelljeit háromdimenziós térben is ábrázoltam, hogy látványosabban jelenítsem meg a négy adatforrás különbségeit (*4. ábra*). Az SRTM és a Ferranti-féle modellek egyfajta simasága a kisebb felbontásnak köszönhető. Az is megfigyelhető, hogy az SRTM és az EU-DEM esetében a hasadék közepén egy magaslat emelkedik, ami a felvételezés hibájából és a felbontásból eredhet (például: kiugró sziklák, növényzet, szűk völgyek okozzák). Az ASTER GDEM modellnél a jobb felbontásból eredően, míg a Ferranti-félénél a korrigálás eredményeként ez nem figyelhető meg. Az ASTER-en bár a hasadék látszólag jól jelenik meg, a környező térszíneket egyfajta „gödrösség” jellemzi, ami feldolgozási hibából eredhet. Az utolsó modell, ami az összes közül a legpontosabbnak mondható az 1:25 000-es méretarányú topográfiai térkép alapján készült. Ezen jól és pontosan kivehető a Tordai-hasadék mélyedése mellett a Hesdát-patak szurdoka is, a völgyszakasztól délre.



3. ábra: A Glódi-szoros (A), a Remete-szoros (B) és a Tordai-hasadék (C) kereszt- és hossz-szelvényei (terepmodellek: 1 – EU-DEM, 2 – ASTER GDEM, 3 – SRTM, 4 – Ferranti, 5 – topográfiai térképről digitalizált)
 Figure 3: Cross and long profiles of the Cheile Glodului (A), the Cheile Râmețului (B) and the Cheile Turzii (C) (digital terrain models: 1 – EU-DEM, 2 – ASTER GDEM, 3 – SRTM, 4 – Ferranti, 5 – digitized topographic map)

Szurdokvölgyek detektálása

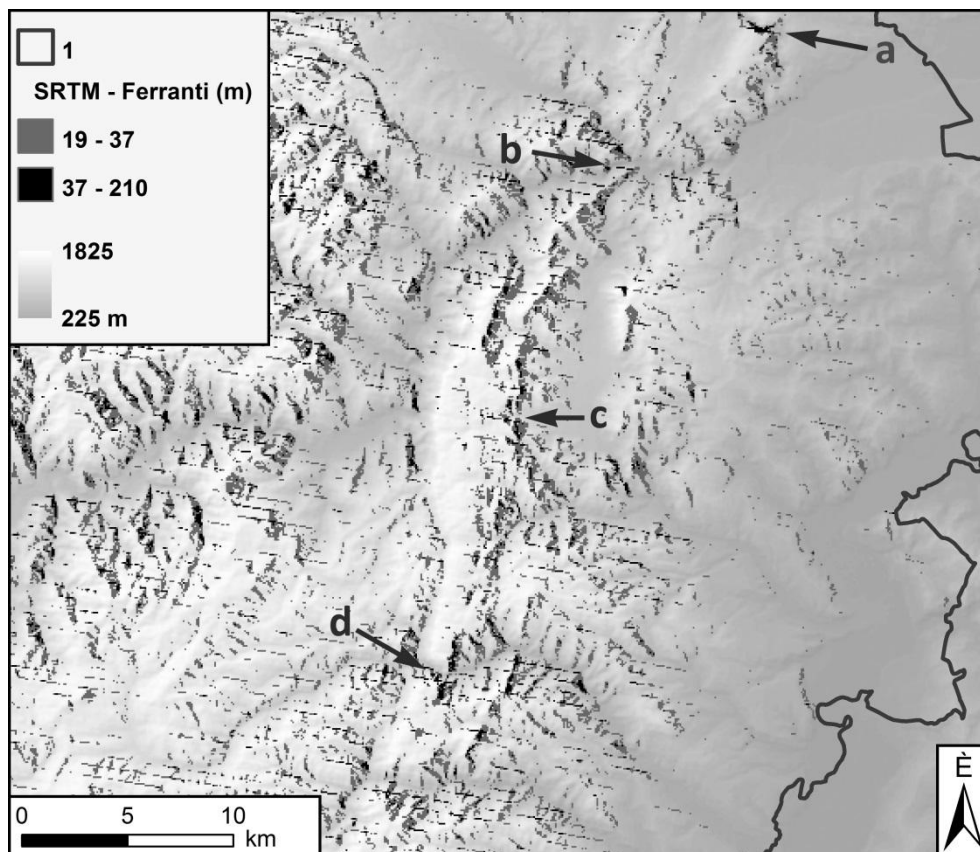
A terepmodellek áttekintése, pontosságuk vizsgálata és összehasonlításuk után olyan térinformatikai elemzési módszereket kerestem, amelyekkel a korábban használt adatokból ki tudom jelölni automatikusan a szűkebb völgyek elhelyezkedését.



4. ábra: A Tordai-hasadék és környékének megjelenése a különböző terepmodelleken (1 – Hesdát-szurdok)
 Figure 4: The representation of the Cheile Turzii and its surroundings in the different digital terrain models
 (1 – Cheile Hășdate)

Először egy kivonást végeztem, amely során az SRTM terepmodellből vontam ki a Ferranti-féle modellt. A választásom azért erre a kettőre jutott, mert ezeknek a terepi felbontása megegyezik, illetve korábbi vizsgálatok során kiderült, hogy az SRTM a másikkhoz képest sokkal több hibával terhelt, így ezeket, például a Tordai-hasadéknál jelentkező kimagasodást próbáltam ábrázolni.

Az 5. ábrán a mintaterület egy keleti kivágata látható, középen a Torockói-hegység fő vonulatával. Sötétszürke színnel a kisebb eltéréseket (19-37 méter között), míg feketével a nagyobb, akár 200 méteres különbségeket jelöltem. Megfigyelhető, hogy a nagyobb különbségek megtalálhatók a szurdokvölgyek területén, ám máshol is megjelennek szűkebb völgy nélkül is, ez a módszer nem értékelhető tökéletesnek. Emellett egyértelműen kirajzolódnak olyan szabályos NyÉNy–KDK-i sávok is, amik az adatfelvétel hibáiból származnak.

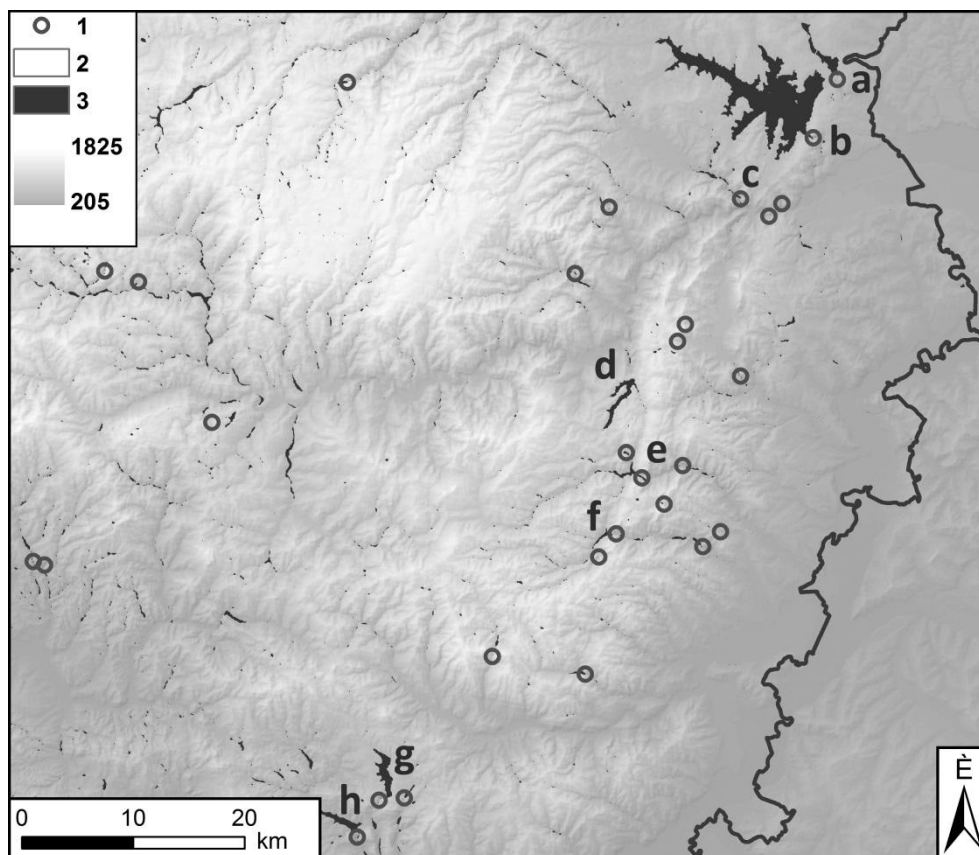


5. ábra: A mintaterület keleti része az SRTM és a Ferranti-féle terepmodellek kivonásából származó értékekkel (1 – mintaterület, a – Tordai-hasadék, b – Borrévi-szoros, c – Cheile Plaiului, d – Remete-szoros)

Figure 5: The eastern part of the study area with the data from SRTM and Ferranti surface models subtraction (1 – study area, a – Cheile Turzii, b – Cheile Buru, c – Cheile Plaiului, d – Cheile Rămeșului)

Második detektálási módszerhez az EU-DEM terepmodellt választottam alapadatnak, ugyanis ez az SRTM-hez képest jobb felbontású, de a korábbi vizsgálatokból kiderült, hogy tartalmazza a szurdokvölgyeknél tapasztalt magassági hibákat. A feltöltött területek a 6. ábrán láthatók. Az előző elemzéshez képest itt már sokkal látványosabban kirajzolódtak a szűkebb völgyek. A kivágoton jól látszik a mintaterület legnagyobb feltöltését igénylő területe, a Tordai-hasadékba érkező Hesdát-patak völgye. Attól északra kirajzolódik a Túri-hasadékon végigfutó Rákos-patak völgye is. Innen dél felé haladva a Jára-szoros térségében, a Remete-szoros nyugati és keleti kijáratánál, az Intregáldi-szorosnál, valamint az Erdélyi-Érchegységben elhelyezkedő Glódi- és Máda-szorosoknál találunk nagyobb feltöltött területeket. A Szolcsvai-barlang térségénél látható feltöltött terület is egyfajta hiba, ugyanis az eljárás nem képes figyelembe venni a felszín alatti lefo-

lyást, így a barlang víznyelőjét sem, ezért ezen a területen is felszíni lefolyást feltételez és feltölti a „mélyedést”.

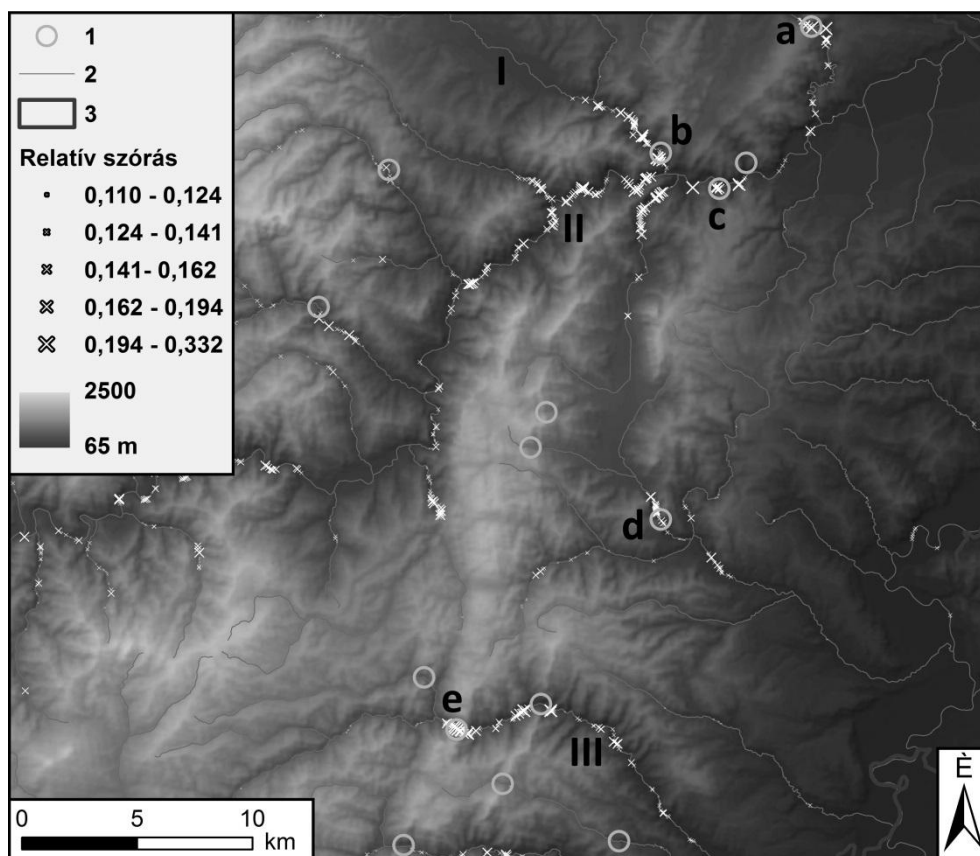


6. ábra: A mintaterület keleti része a feltöltött területekkel (1 – jelentősebb szurdokvölgyek, 2 – mintaterület, a – Túri-hasadék, b – Tordai-hasadék, c – Jára-szurdok, d – Szolcsvai-barlang térsége, e – Remete-szoros, f – Intregáldi-szoros, g – Glódi-szoros, h – Máda-szoros)

Figure 6: The eastern part of the study area with the filled data (1 – main gorges, 2 – study area, a – Cheile Turulu, b – Cheile Turzii, c – Cheile Iara, d – area of Huda lui Papară Cave, e – Cheile Râmețului, f – Cheile Vălișoarei, g – Cheile Glodului, h – Cheile Madei)

A 7. ábrán a mintaterület egy keleti kivágatát láthatjuk, ahol középben a Torockói-hegység fővonulata halad. Az ábrán azok a pontok vannak feltüntetve, amelyek körül 500 méteres sugarú körön belül a legnagyobb relatív szórás értékek mutatkoztak. Ezek a pontok a legtöbb esetben nem esnek egybe a jelölt szurdokvölgyekkel, de ennek ellenére minden esetben valóban mély völgyeket mutatnak. Megfigyelhető, hogy az Aranyos mentén található ilyen értékeket, ami széles, ám a környező magasabb térszínéhez képest mélyre vágódott völgyének köszönhető. Ugyanez figyelhető meg a Jára alsó szakasza és a Remete-patak esetében is.

A Tordai-hasadéknál, a Jára-szurdoknál, a Remete-szorosnál és az enyedi Kőköz esetében is az mondható el, hogy a viszonylag magas relatív szórás-értékek a szurdok-szakaszok előtt vagy után találhatóak. Ez annak köszönhető, hogy az adott pont körüli területben az alacsonyabb térszín magassági adatai, illetve a szurdokok magasán elhelyezkedő peremterületei is megtalálhatóak, így tagoltságuk nagy mértékű. Egyedül a Borrévi-szoros esetében mondható el, hogy a bejelölt nagy tagoltsági értékkel rendelkező pont egybeesik a szurdok pontos helyével. Ez a korábban említett okokkal magyarázható, vagyis hogy az Aranyos völgye a környező magasabb térszínhez képest olyan nagymértékben vágódott be széles völgytalpat építve, hogy az 500 méteres sugarú körön belül a tagoltság relatíve nagyknak mutatkozik.



7. ábra: A mintaterület keleti része a viszonylag nagy tagoltsági völgyszakaszokkal
 (1 – jelentősebb szurdokvölgyek, 2 – vízfolyások, 3 – mintaterület, I – Jára, II – Aranyos, III – Remete-patak, a – Tordai-hasadék, b – Jára-szurdok, c – Borrévi-szoros, d – enyedi Kőköz, e – Remete-szoros)
 Figure 7: The eastern part of the study area with the relatively high dissected valley sections
 (1 – main gorges, 2 – streams, 3 – study area, I – Iara, II – Arieș, III – Piriu Geoagiului, a – Cheile Turzii, b – Cheile Iara, c – Cheile Buru, d – Cheile Vălișoarei, e – Cheile Rămețului)

Következtetések

Az eddigiekben bemutatott alapkutatást két részre lehet osztani. Egyrészt foglalkoztam több, az interneten fellelhető és ingyenesen letölthető terepmodellel, ahol azt vizsgáltam, hogy a mély és meredek falú völgyek hogyan jelennek meg a különféle adatbázisokból származó modelleken. Másrészt a megfelelő alapadatot kiválasztva különféle elemzéseket végeztem el annak érdekében, hogy egy olyan módszert találjak, amivel automatikusan ki lehet jelölni a szurdokvölgyek elhelyezkedését.

A terepmodellek összehasonlításából kiderült, hogy a magassági és a lejtőszög adatok tekintetében nincs jelentős különbség a vizsgált négyféle adatforrás esetében. Egyedül az ASTER GDEM lejtőszög-értékeinél figyeltünk meg említésre méltó eltéréseket.

Vizsgálataimból kiderült, hogy a különböző terepmodelleken a szurdokvölgyek eltérően jelennek meg és többféle hibát mutatnak, például magasabb magassági értékeket a völgytalpakon. A hossz- és keresztmetszelvények összehasonlítása során láthatóvá vált, hogy a nagy munka ráfordítással előállítható topográfiai térképekből készült domborzatmodellek pontosságát egyik letölthető terepmodell sem éri el, de legpontosabbnak közülük a Ferranti-féle terepmodell mondható. Az is bebizonyosodott, hogy minél mélyebb egy völgyszakasz, annál nagyobb hibával terheltek az adatok.

Mindezek alapján morfológiai és morfometriai elemzésekhez leginkább a Ferranti-féle terepmodell használatát javaslom, ugyanis bár vannak ennél részletesebb felbontású ingyenesen elérhető adatok, domborzati pontosság szempontjából kiemelkedik a többi közül.

Az SRTM és a Ferranti-féle terepmodellek kivonásából származó adatokkal bár sok esetben ki lehetett jelölni automatikusan a szurdokvölgyek elhelyezkedését, több helyen a modellek hibájából eredően más területek is kijelölődtek, így sajnos ez a módszer összességében nem alkalmas a szurdokvölgyek – terepi bejárást előkészítő – detektálására.

A feltöltéses módszert egyértelműen a modellek hibái határozzák meg, ezért az EU-DEM terepmodellel végeztem elemzést, amelynek részletesebb a felbontása, de sok hibával terhelte. Vizsgálatom eredményeként látványosan kirajzolódtak azok a területek, ahol vízfolyások egy viszonylag lapos térszínről érkeznek egy-egy szurdokvölgy bejáratához.

A vízfolyások menti tagoltság vizsgálat nem bizonyult jó választásnak, ugyanis ez a tulajdonság leginkább nem a szurdokvölgyek területére jellemző. Ennek ellenére több szurdok kezdetét és végét is sikerült kijelölni, így mégsem mondható teljesen haszontalannak a módszer alkalmazása.

Összességében elmondható, hogy van olyan módszer, amivel mély és meredek völgyek elhelyezkedését lehet automatikusan detektálni, még ha csak az ingyenesen letölthető adatbázisokból származó adatok is használjuk fel. Az általam megvizsgált eljárások közül erre a legoptimálisabbnak a feltöltéses módszer bizonyult, ami nem csak megkönnyítheti a későbbi terepi munkát, de olyan területek vizsgálatára is megfelelő lehet, amelyeket kevésbé ismerünk. Fontos azonban megjegyezni, hogy az ilyen típusú elemzéseket követően minden esetben szükséges a terepi ellenőrzés végrehajtása.

IRODALOM

ASTER honlap – <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp>

letöltés dátuma: 2014

EU-DEM honlap – <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem>

letöltés dátuma: 2014

GIUSCĂ, D. – BLEAHU, M. (1967): Harta Geologică a Republicii Socialiste România (RSZK geológiai térkép). – Institutul Geologic, Bucuresti, Torda, 1:200000, 18 p.

Jonathan de Ferranti honlap – <http://www.viewfinderpanoramas.org/dem3.html>,
letöltés dátuma: 2014

KIENZLE, S. (2004): The Effect of Grid Cell Size on Major Terrain Derivatives – 2004 ESRI User Conference, 2004. augusztus 7-13, San Diego California.

MÓGA J. (1995): Az Erdélyi-középhegység (Muntii Apuseni). – Földrajzi Közlemények, CXIX. 2, pp. 105-136.

MÓGA J. (2004): Az Erdélyi-középhegység karszttípusai. – Karsztfelődés IX, pp. 229-250.

SRTM honlap – <http://srtm.jrc.ec.europa.eu/data.html>

letöltés dátuma: 2014

SZABÓ G. (2006): Eltérő alapú DEM-ekből származtatott kvantitatív geomorfológiai térképek pontosságának vizsgálata. – In: Dobos E. – Hegedűs A. (szerk.): Lehetőségek a domborzatmodellezésben a HunDEM 2006 konferencia közleményei, Miskolc, 2006, 8 p.

TELBISZ T. – SZÉKELY B. – TIMÁR G. (2013): Digitális Terepmodellek (Adat, látvány, elemzés). – ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, 80 p.

TIMÁR G. – TELBISZ T. – SZÉKELY B. (2003): Űrtechnológia a digitális domborzati modellezésben: az SRTM adatbázis – Geodézia és Kartográfia, 55, (12) pp. 11-15.