

**A KARAS-SZURDOK (ANINAI-HEGYSÉG) KÖRNYÉKÉNEK DIGITÁLIS DOMBORZATELEMZÉSE ÉS A HELYSZÍNEEN VÉGZETT GPS-ES TÖBÖR-FELMÉRÉSEK TANULSÁGAI**

TELBISZ TAMÁS-MARI LÁSZLÓ-KOHÁN BALÁZS

ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány  
1/C., telbisztom@ludens.elte.hu

*Abstract: One of the most remarkable landforms of the Anina Mts (Southern Carpathians, Roumania) is the Carasul (Karas) Gorge. In its close neighbourhood, doline karst plateaus and karst valleys with row dolines are found. Based on the 1:50.000 scale topographic map, the doline density of our 28 km<sup>2</sup> research area is 8.9 km<sup>-2</sup>. Using digital terrain analysis tools, structural landforms (ridges and valleys) were identified and the strike of folds and faultlines were induced. The relationship of doline axis and tectonic structures was outlined in terms of circular statistics. The plain areas in the digital elevation model (DEM) were also used to identify the potential for doline karst surfaces. Field investigations were carried out SE of Iabalcea (Krassóalmás). Doline contours and doline centres were measured by GPS and laser distance-meter. Morphometrical properties (location, area, length, axis direction, elevation, depth) of map dolines and measured dolines were compared in order to estimate the accuracy and utility of the different data sources in doline evolution studies.*

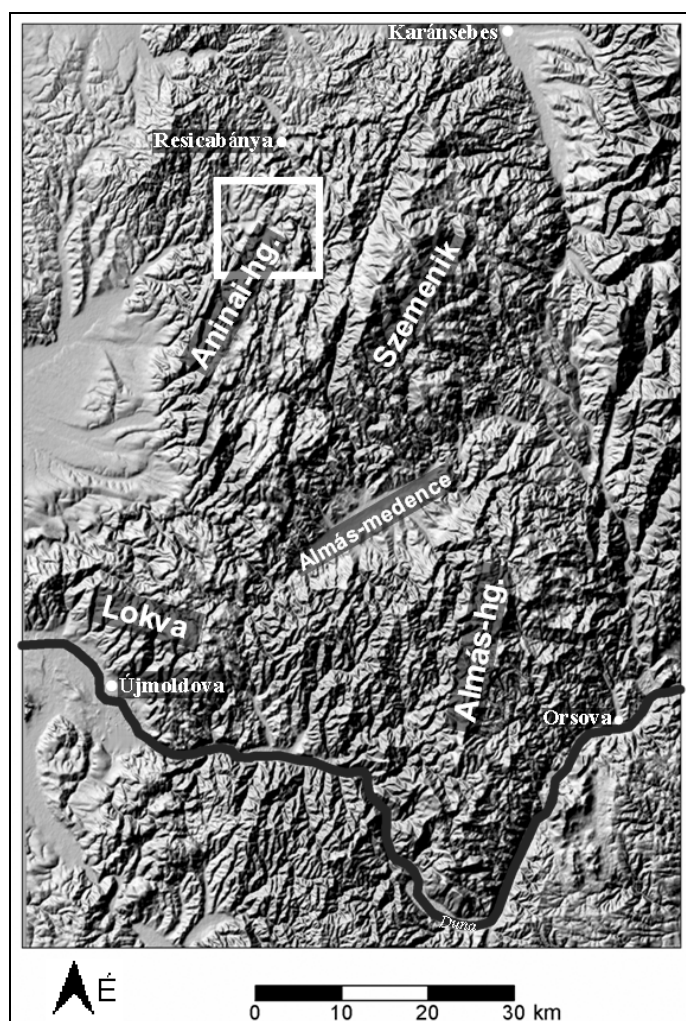
**A terület bemutatása, vizsgálat célja**

Az Aninai-hegység a Bánsági-hegyvidék részeként földtanilag és szerkezeti-  
leg a Déli-Kárpátok áttolt takarókból felépülő gyűrthegységének része. A  
Bánsági-hegyvidék a Déli-Kárpátok nagy részétől eltérően domborzatilag  
erősen felszabdalt közephegységi jellegű hegység. Földtanilag változatos  
felépítésű területén a Dunai-egység és a Géta-takaró kőzetei bukkannak a  
felszínre. A Bánsági-hegyvidék főként É–D-i futású, törésekkel szabdal-  
t vonulatait medencék és szerkezeti mélyedések választják el egymástól.

Az Aninai-hegység ÉÉK–DDNy-i irányban húzódó, 40 km hosszú,  
15–20 km széles vonulat a Bánsági-hegyvidék nyugati részén, legmagasabb  
csúcsa a Leordiș (1160 m). Az erdővel borított hegységet mély, több helyen  
szurdokvölgyeket (Karas, Ménes, Néra) kialakító vízfolyások tagolják kü-  
lönálló fennsíkokra. A fennsíkokat főként jura és kréta időszaki mészkövek  
építik fel. A karbonátos kőzetek mellett a földtörténeti óidőben (karbon és  
perm időszakban) keletkezett konglomerátum, homokkő, agyagpala és sze-  
nes rétegek vesznek részt a hegység felépítésében. A domborzat a szerke-  
zethez és a kőzetekhez igazodik. A mai domborzat több helyen geomorfoló-  
giai inverzióval alakult ki, ugyanis a jelenlegi fennsíkok korábban  
szinklinálisok, mélyedések voltak, a korábbi antiklinálisok helyén, ahol a  
keményebb fedőrétegek alatt kevésbé ellenálló rétegek helyezkedtek el, a

fedőréteg lepusztulása után inverziós medencék jöttek létre (PINCZÉS 1995). Mintaterületünket a Ponor-csúctól (808 m) délre húzódó Krassóalmási-karsztfennsíkon (Podișul Iabalcei) jelöltük ki (1.ábra), ahol jól fejlett töbrök mélyülnek a felszínbe. A töbrökkel tagolt felszínbe mélyül a Karas látványos szurdoka, a felszín alatt pedig nagy méretű barlangrendszerek (pl. Comarnic-barlang) húzódnak.

Célunk az volt, hogy a terület töbrösödésének mértékét, illetve a töbrök elhelyezkedését, alakját meghatározó tényezőket jellemezzük.



1. ábra: A mintaterület helyét fehér négyzet jelöli az SRTM adatbázis felhasználásával készített digitális domborzatmodellen

Fig. 1: Location of the research area on the digital elevation model (using SRTM database)

## Módszerek

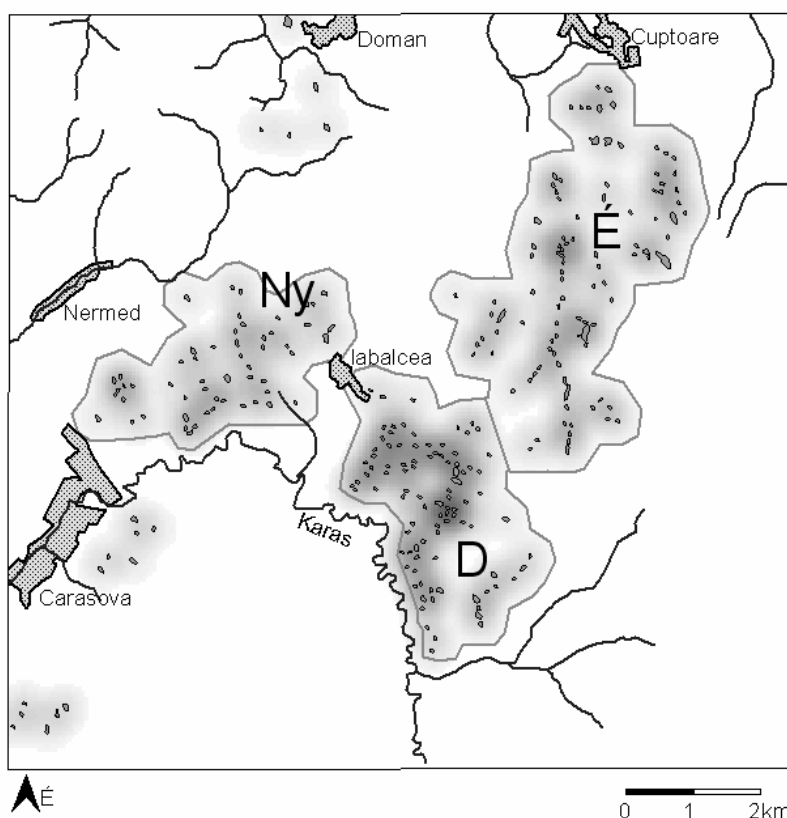
A vizsgált területről egy román kiadású, Gauss-Krüger vetületű, 1:50.000 méretarányú, 20 m-es alap-szintvonalközü topográfiai térkép állt rendelkezésünkre (készítés éve: 1967). Ebből kiindulva építettünk fel egy térinformatikai adatbázist. *ERDAS* program segítségével először beillesztettük Gauss-Krüger vetületbe, majd koordinátatranszformációval UTM-be alakítottuk át, a továbbiakban ezzel dolgoztunk. A szintvonalak digitalizálása után Kriging interpoláció (lineáris modell, 8 km-es sugár) felhasználásával állítottunk elő egy 30 m felbontású digitális domborzatmodellt (továbbiakban: DDM). Azért ekkorát, mert az ennél részletesebb DDM-en már erőteljesen jelentkeztek az interpoláció „műtermékei” (pl. szintvonalak menti teraszosság), továbbá a DDM-re alapozott domborzatelemzés sem igényelt ennél jobb felbontást. A DDM-t a megjelenítésen kívül a domborzat és a töbrök elhelyezkedése közti kapcsolat vizsgálatára is felhasználtuk. Sőt, részletes geológiai térkép híján a töbrök fejlődését meghatározó szerkezeti elemek levezetésére is a digitális domborzatelemzés bizonyult a legalkalmasabb eszköznek.

Az alaptérképen jelölt töbröket külön digitalizáltuk. A méretarányból adódóan ezek többnyire szimbólumszerűen szerepeltek a térképen, így háttérük és középpontjuk tengerszint feletti magassága, vagyis a töbrök függőleges dimenziói ezek alapján nem voltak meghatározhatók. Ennélfogva a DDM elkészítéséhez sem használtuk fel a töbröket.

A térképi alapadatokat terepi bejárással próbáltuk meg pontosítani. Ennek során egy szűkebb részterületet „fésültünk át”, ahol lehetőleg az összes töbröt igyekeztünk felmérni. Ehhez kézi GPS készülékeket (*Magellan, Meridian Platinum*) használtunk, melyekkel a töbrök körvonalának és középpontjának térbeli koordinátáit határoztuk meg. Hazai tapasztalatok alapján ezekkel a GPS készülékekkel nyílt területen 10 m, erdőben kb. 25 m-es vízszintes pontosságot lehet elérni, a függőleges eltérés ennél rendszerint jóval több. Ellenőrzésként illetve kiegészítésként a töbrök hossz tengelyének irányát és nagyságát mértük meg tájoló illetve lézeres távmérő segítségével.

## Kiértékelés

*Töbrök elhelyezkedése, méret- és alakjellemzői a topográfiai térkép alapján*



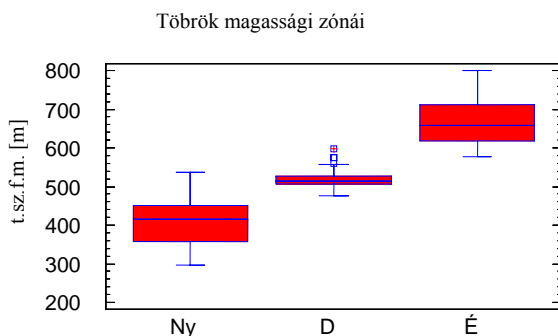
2. ábra: A topográfiai térképen jelölt töbrök alapján szerkesztett töbrösűrűségi térkép a további vizsgálatokban szereplő részterületek lehatárolásával (a színfokozatok 1-37 db/km<sup>2</sup>-es töbrösűrűséget jelentenek 500m-es keresési sugár mellett)

Fig. 2: Doline density map calculated from dolines marked on the topographic map (gray intensities mark doline densities from 1 to 37 km<sup>2</sup>, using 500m search radius). Western (Ny), Southern (D) and Northern (É) subareas used in the analysis.

A térkép szerint a vizsgált területen 248 dolina található, melyek két, nagyjából ÉÉK–DDNy-i irányú sáv mentén helyezkednek el. Ez elsősorban akkor válik nyilvánvalóvá, ha a töbröket külön fedvényben ábrázoljuk (2. ábra). Első lépésként töbrösűrűségi térképet szerkesztettünk (*ArcView/Calculate Density*, 500m-es keresési sugár, *Kernel* algoritmus), melynek segítségével lehatároltuk a töbrösődött térszíneket (2. ábra).

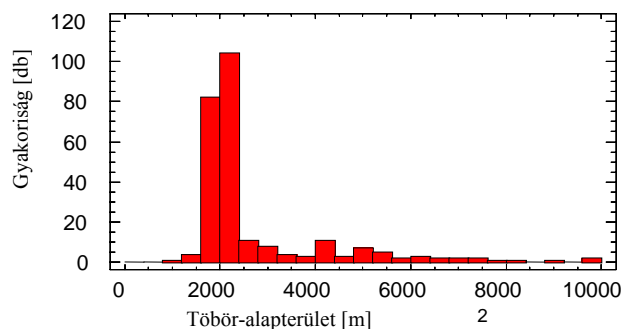
A nyugati sávból néhány kisebb folt elhagyásával egy összefüggő, sűrűbben töbrösődött részletet lehetett jól körülhatárolni. A keleti pászttát

pedig egy északi, zömmel töbör soros térszínre, illetve egy déli fennsíkrészletre lehetett bontani. A további vizsgálatokhoz többnyire ezt a hármas felosztást (Ny; D; É) vettük alapul.



3. ábra: A topográfiai térképen jelölt töbrök magasság szerinti elhelyezkedése  
Fig. 3: Vertical zones of dolines (marked on the topographic map)

A 3. ábra azt jelzi, hogy a töbör sűrűség alapján lehatárolt területrészek egy-egy jellemző magassági tartományt képviselnek, méghozzá nyugatról kelet felé lépcsőzetesen emelkedő szinteket. Mivel a töbröket határoló vonalak nem szintvonalak, ezért a töbrök tengerszint feletti magasságát a DDM alapján határoztuk meg.



4. ábra: A topográfiai térképen jelölt töbrök alapterület szerinti gyakorisági eloszlása  
Fig. 4: Frequency distribution of doline area (after the topographic map)

Az összes töbörre vonatkozó adatsoron ellenőrizni kívántuk azt a korábbiakban már megfogalmazott sejtést (TELBI SZ-MÓGA 2005), hogy egy adott területen belül a töbörterületek (vagy hosszak) eloszlása lognormális képet mutat. E statisztikai vizsgálat során azonban kiderült (4. ábra), hogy

egy mérettartomány nagyon „kilóg” az eloszlásból (a 2000 m<sup>2</sup>-es alapterület körül, amelyhez durván 50m-es átmérő tartozik). Ez a méret a térkép felbontásából adódó alsó korlát (egy 50 m átmérőjű töbrőhöz az eredeti térképen 1 mm-es szimbólum tartozik!), így megállapítottuk, hogy a fenti állítás ekkora töbrök és ilyen méretarány mellett nem vizsgálható értelmesen.

Az I. táblázat alapján megállapítható, hogy a töbrök méretében statisztikailag szignifikáns eltérések nem tapasztalhatók, a Ny-i rész dolinái átlagosan egy hajszállal nagyobbak, míg a legnagyobb zárt mélyedéseket az É-i egységben találhatjuk meg. A Ny-i és az É-i rész töbrő-sűrűsége hasonló, melyekhez képest a D-i területet több mint 60%-kal nagyobb sűrűségben tagolják a dolinák. A töbrök kerekítettsége<sup>1</sup> ( $=4\pi \text{Terület} / \text{Kerület}^2$ ) valamennyi részterület esetében 0,8 körül ingadozik csekély szórással (0.06), ami a térképi töbrő-alakok enyhe megnyúltságát mutatja – a nagyfokú hasonlóság mögött részben e tényezőnél is a szimbólumszerű jelleg állhat. Fontos kérdés marad ugyanakkor, hogy ezek a térkép méretarányába épp-hogy beleférő töbrök vajon tengelyükkel helyesen szerepelnek-e.

I. táblázat  
Table I.

A topográfiai térképen jelölt töbrök alapvető legfontosabb adatai a részterületek szerinti bontásban  
Doline data according to subarea (after the topographic map)

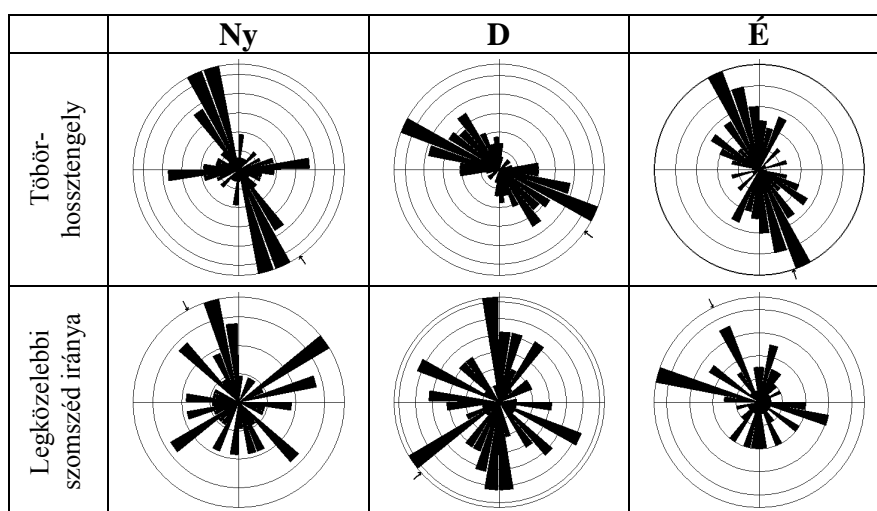
Név	Terület [km <sup>2</sup> ]	Töbrő-sűrűség [1/km <sup>2</sup> ]	Töbrő-alapterület [m <sup>2</sup> ]	
			medián	maximum
Ny	7,1	7,6	2.190	7.340
D	7,8	12,2	2.070	8.948
É	13	7,6	2.070	21.735

Az 5. ábra rózsadiagramjai a töbrök hossz tengelyeinek illetve legközelebbi szomszédjainak irányait tükrözik. A rózsák erős irányítottasága (elsősorban a hossz tengelyekre vonatkozóan), valamint az egyes területek közti különbségek arra utalnak, hogy a térképi ábrázolás nem lehet véletlenszerű, ezért érdemes magyarázatot keresni a kitüntetett irányokra. A Ny-i és az É-i terület töbrei ÉÉNy–DDK-i irányban, míg a D-i rész dolinái NyÉNy–KDK-i irányban nyúltak meg.

A legközelebbi töbrő-szomszédok (aszimmetrikus) rózsái – megszo-kott módon – jóval nagyobb szórást mutatnak. És más területeken végzett vizsgálatokhoz hasonlóan (TELBISZ 2001) a tengelyek alapján meghatározott főirányok itt is másodlagossá válnak (de nem tűnnek el). A Ny-i területen a legközelebbi szomszédok ÉK–DNy-i, a D-i területen É–D-i végül az

<sup>1</sup> A kerekítettség egy síkidomnak a körtől való eltérését jellemzi oly módon, hogy az adott forma kerületét a vele azonos területű kör kerületéhez viszonyítja. A mutatószám értéke kör esetében 1, és minél hosszúkább illetve minél zegzugosabb peremű a forma, annál kisebb az értéke (minimuma 0).

Északi részen NyÉNy–KDK-i irányt rajzolnak ki. Itt is igazolódik tehát, hogy a töbrök legközelebbi szomszédjai gyakran nem a megnyúltság és nem is az első ránézésre triviálisnak tűnő töbrösorok irányában helyezkednek el.



5. ábra: A topográfiai térképen jelölt töbrök hossz tengelyeinek állása illetve a legközelebbi szomszéd iránya alapján szerkesztett rózsadiagramok a részterületek szerinti bontásban.

Fig. 5: Axis direction and nearest neighbour azimuth rose diagrams according to subareas (after the topographic map)

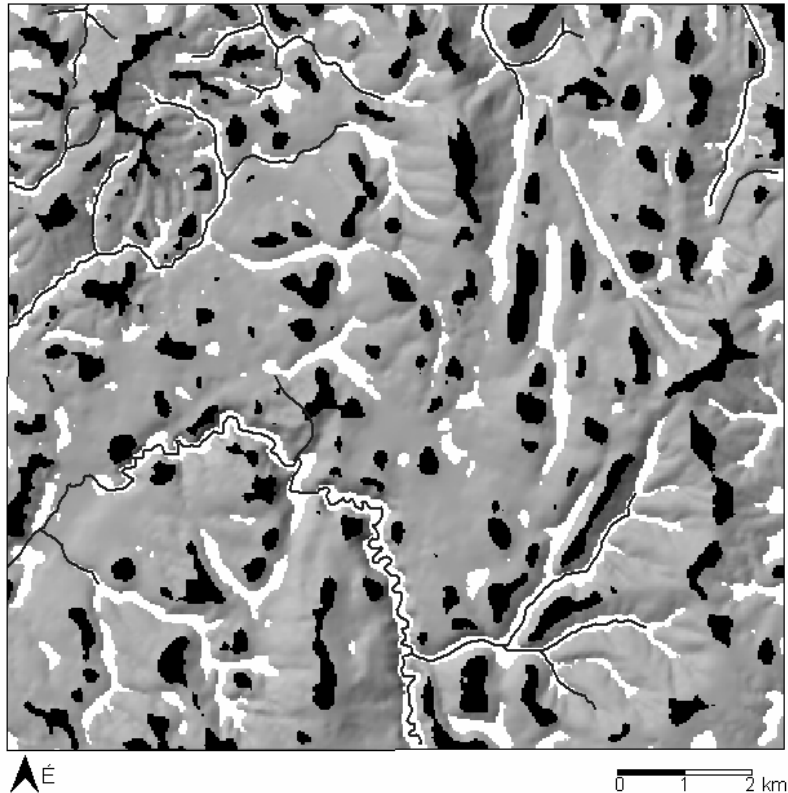
### Szerkezeti formák meghatározása digitális domborzatelemzés segítségével

A felszínformákban is megnyilvánuló földtani szerkezet vizsgálatához a DDM-ek jól használhatók (JORDAN *et al*, 2003). Ehhez többek között a völgyek, gerincek alakjában fölismerhető vonalas elemek meghatározására lehet szükség. Ebből a szempontból az árnyékolt domborzati kép, a lejtőszög és a kitettség illetve a számításokkal (is) kijelölhető völgyek és gerincek ábrázolása, értelmezése ad elsődleges támpontokat. Ezek közül az első három művelet rutinfeladat, de több eljárás létezik a gerincek, völgyek meghatározására is. Mi a jelen munkához az ún. módosított Hammond-módszert választottuk (HEGEDŰS 2004). Ennek lényege, hogy egy adott pontra meghatározzuk, hogy a környezetéhez képest magasan vagy alacsonyan helyezkedik-e el. Ennek alapján tekintjük – változtatható küszöbértékek alkalmazásával – gerincnek (hátnak) ill. völgynek. Képletszerűen az alábbi módon adható meg:

$$v = (z - \hat{z}) / d \quad \text{és az adott pont völgy,} \quad \text{ha } v < l_1$$

$$\text{gerinc (hát), ha } v > l_2$$

ahol  $v$  a gerincek, völgyek elkülönítésére szolgáló mutató;  $z$ , az adott pont magassága;  $\hat{z}$  az adott pont  $R$  sugarú környezetének átlagmagassága (számtani átlag);  $d$  az adott pont  $R$  sugarú környezetének terjedelme (max-min);  $l_1$  és  $l_2$  változtatható küszöbértékek.



6. ábra: DDM alapján kijelölt gerincek illetve hátak (fekete színnel) és völgyek (fehér színnel). Bővebb magyarázatot ld. a szövegben (paraméterek:  $R=500\text{m}$ ;  $l_1=-0.2$ ;  $l_2=0.2$ ).

Fig. 6: Ridges (black colour) and valleys (white colour) derived from the DEM. Further explanation in the text. (parameters:  $R=500\text{m}$ ;  $l_1=-0.2$ ;  $l_2=0.2$ ).

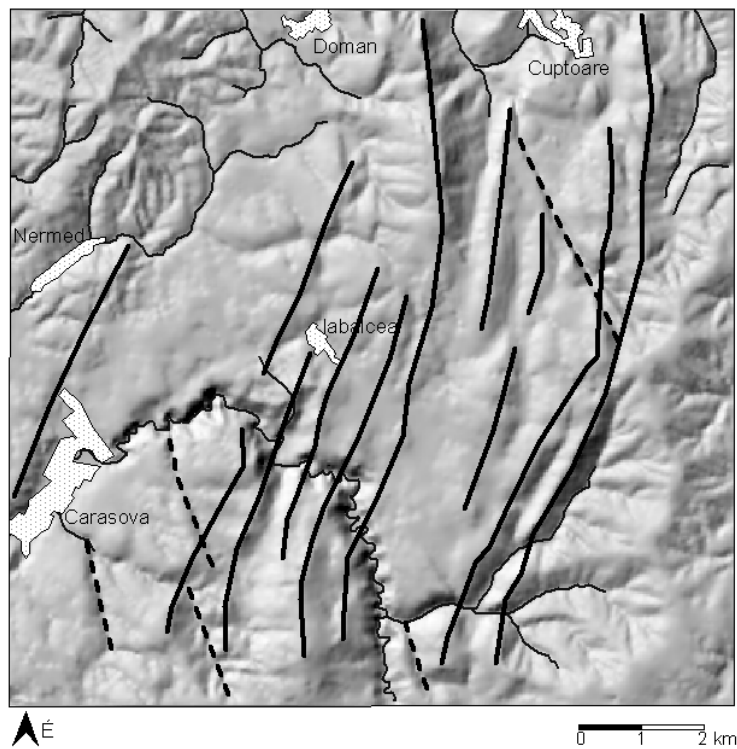
A 6. ábrán az árnyékolt domborzati képet, valamint a fenti módszerrel meghatározott gerinceket és völgyeket tüntettük föl. Ez alapján (valamint az itt helyhiány miatt nem közölt lejtőszög, kiettség és szintvonalas térképeket is figyelembe véve) a szerkezeti vonalak megrajzolhatók, ha az egy vonalba eső gerinceket összekötjük a lealacsonyodó részek és a kisebb vízfolyások keresztvölgyein átmenően is. Ennek eredményeként kaptuk meg a 7. ábrán látható szerkezeti vonalakat, melyekből világosan azonosítható egy É-D-i majd dél felé ÉÉK–DDNy-i csapásirányú gyűrődéses struktúra, melyet tehát – a fenti levezetés értelmében – a dőlő rétegek felszíni elvégződés-



sein kialakult gerincek jelölnek ki. Terepi rétegdőlés mérések nélkül a dőlés mértékét és irányítását nem tudjuk meghatározni, de az irány kijelölhető: a csapásirányra merőleges, azaz a vizsgált töbrös területeken alapvetően NyÉNy–KDK-ies.

A gyűrődésekre visszavezethető gerinceket hegyesszögben keresztelő, ÉÉNy–DDK-i irányú völgyeket is azonosíthatunk (melyek közül különösen markáns a terület ÉK-i részében lefutó hosszú, egyenes völgy), ezeket szaggatott vonallal jelöltük a 7. ábrán. Feltételezhető, hogy ezek inkább későbbi, töréses folyamatok eredményei.

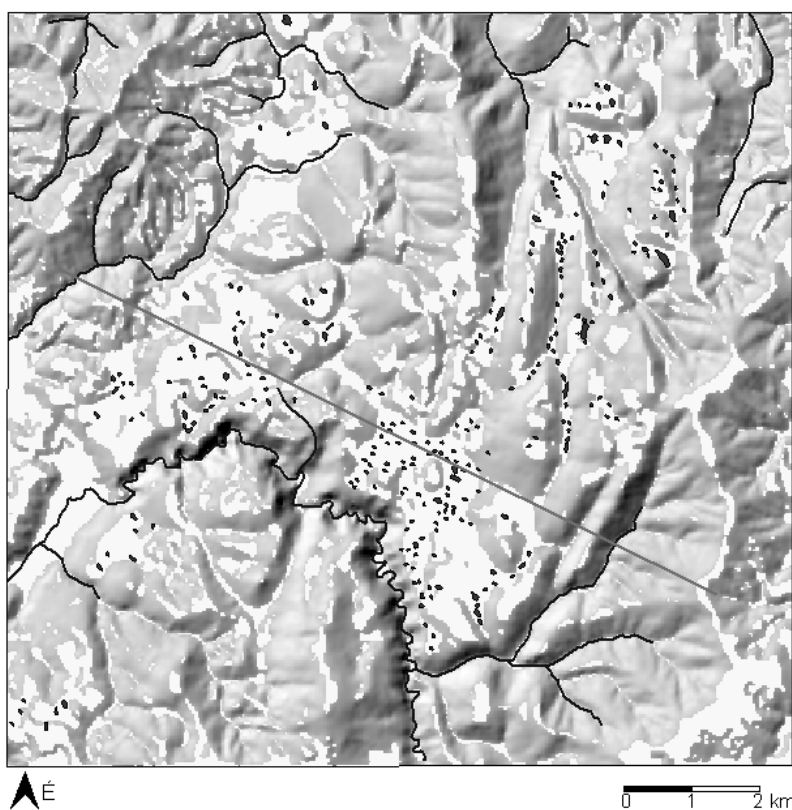
Mindezen kívül a Karas-szurdokvölgynek a szerkezettől független lefutása szembeötlő a térképen, ami nyilvánvalóan a völgy átöröklött és/vagy antecedens keletkezésével magyarázható. Ennek ellenére egyes, rövid szakaszokon – leginkább a Krassóalmástól (Iabalcea-tól) DDK felé induló vonal mentén fölismerhetően – a Karas is követ szerkezeti elemeket.



7. ábra: DDM-ből levezetett szerkezeti elemek. Folytonos vonal: gyűrődéses szerkezetekhez köthető gerincek; szaggatott vonal: feltételezett törésvonalak (völgyek alapján).  
 Fig. 7: Structural lines derived from the DEM. Solid line: ridges due to fold structures; dashed line: probable fault lines (after linear valleys)

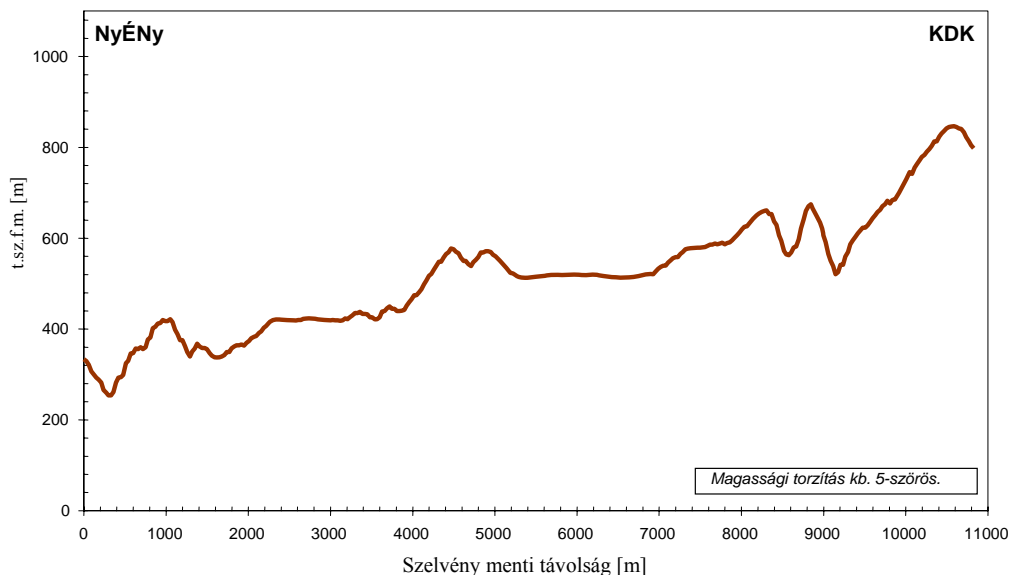
### *Töbrök és a domborzat illetve a szerkezet kapcsolata*

A töbrök kialakulásának talán legerősebb domborzati feltétele a kis lejtés. Ezt úgy vizsgáltuk, hogy a DDM alapján kijelöltük a  $8^\circ$ -nál kisebb lejtőszögű térszíneket (Mivel a DDM készítése során a töbrök magassági adatait nem használtuk fel, ezért az a terep általános lejtését mutatja a töbrökkel tagolt területeken). A 8. ábra igazolja, hogy a töbrök szinte kizárólag ezeken a kisebb lejtésű helyeken fordulnak elő, beleértve a nagyobb, fennsík-szerű részeket, a völgytalpakat és néhol a hátakat is. Másrészt ezeken a térszíneken majdnem mindenhol meg is található a töbrök, valószínűleg ott is, ahol a térkép azokat nem jelöli. A töbrök 3. ábrán bemutatott 3 szintbeli elrendeződése így azzal magyarázható, hogy ezek a sík térszínek kelet felé emelkedő lépcsőkben jelennek meg (szelvényben ld. a 9. ábrán).



8. ábra: A topográfiai térképen jelölt töbrök és a  $8^\circ$ -nál kisebb lejtésű térszínek (fehér színnel) elhelyezkedése (a ferde vonal a 9. ábra szelvényének helyét jelzi).

Fig. 8: Location of dolines marked on the topographic map and areas of less than  $8^\circ$  slope (white colour). The oblique line signify Fig. 9. profile position.

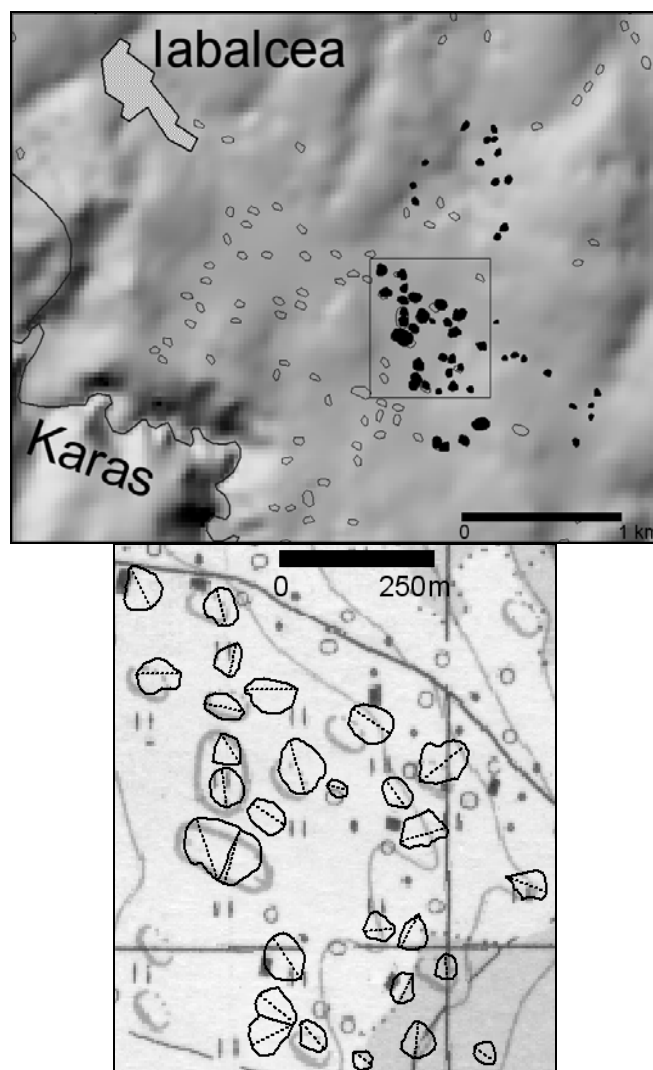


9. ábra: NyÉNy–KDK irányú magassági keresztmetszvény (a pontos helye a 8.ábrán szerepel)  
 Fig. 9: WNW-ESE elevation profile (position shown in Fig. 8).

A DDM-ből levezetett szerkezeti elemek (7. ábra) és az irányrózsák (5. ábra) összevetése alapján a töbrök fejlődését meghatározó szerkezeti kontroll szerepe is megfogalmazható. A Ny-i és az É-i részterületeken a (feltehetőleg fiatalabb) törésvonalak irányítják a töbrök hossz tengely menti megnyúlását, míg a D-i részterületen az adatok alapján inkább a rétegdőlés befolyásolja a dolinák alakját.

#### *Helyszíni mérések eredményei*

A helyszíni mérések során 56 töbröt mértünk meg egy apró, 1,7 km<sup>2</sup>-es területen (10. ábra). Első – és talán legfontosabb – megállapításunk a töbrősűrűsége vonatkozik. A topográfiai térkép azonos területéhez viszonyítva a nyílt terepen (legelő, kaszáló) 25 töbröt mértünk fel (a térképi 11-hez képest), míg az erdővel borított területen 31-et (a térképi 6-hoz képest!). A térképen ábrázolt és az általunk vizsgált töbrök együttes száma ezen a kis területen 68 db, ami négyszeres dolina-sűrűséget (40db/km<sup>2</sup>) jelent a térképhez képest. Ez alapján okkal feltételezhetjük, hogy a domborzatmodell által jelzett sík, de erdősült térszíneken ott is előfordulhatnak nagyobb számban töbrök, ahol a térkép azokat nem jelöli.

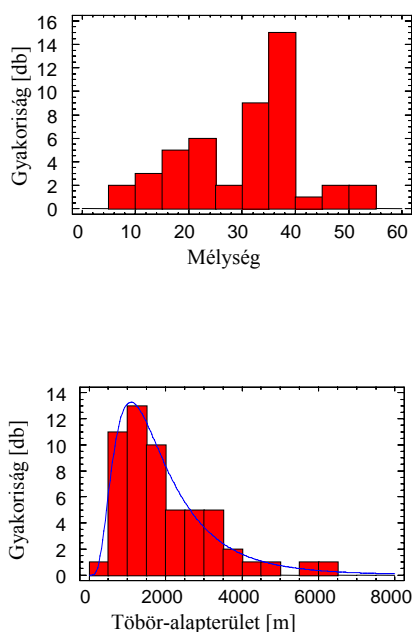


10. ábra: GPS-szel felmért töbrök. Felső térkép: a vizsgált terület elhelyezkedése (fekete foltok: GPS-adatok; üres körvonalak: térképi töbrök; fekete téglalap: kivágat helye). Alsói térkép: GPS-szel mért töbrőhatárok és hossz tengelyek illetve a topográfiai térkép részlete.

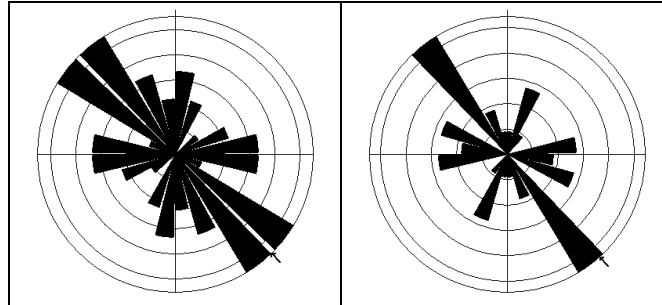
Fig. 10: Dolines using GPS-data. Upper: location of the investigated area (black patches: GPS data; blank contours: map dolines, rectangle: position of the right image), Under Doline contours and long axis measured by GPS and the corresponding topographic map detail.

A GPS-es mérések pontatlanságát jelzi, hogy a középpont 12 esetben a töbrő határain kívülre esett, de ez 1 kivételével mind az erdővel fedett terület töbreinél fordult elő (az erdőborítás miatt a GPS ezeknél a pontatlan méréseknél gyakran csak három műhold jelét érzékelte, amely nem elegendő a pontos helymeghatározáshoz). Ez mindenképpen azt erősíti meg, hogy

a beerdősült térszíneken – éppen ott, ahol a topográfiai térkép is erősen hiányos – a GPS-adatok is kevésbé megbízhatók. A GPS-es mérések alapján meghatározott mélységadatokból 7 értéket eleve ki kellett zárni (a 0-nál kisebb illetve 60 m-nél nagyobb értékeket). Az így szűrt adatok átlaga volt 31 m, ami túl soknak tűnik, ezen kívül az eloszlás jellege (11. ábra) is eltért a korábbi vizsgálataink során tapasztaltaktól (TELBI SZ 2001, TELBI SZ-MÓGA 2005). Ezért okkal feltételezhető, hogy a GPS-szel mért magasságadatok jelentős hibával terheltek. A töbrök alapterületeiből számított gyakorisági eloszlás (11. ábra) viszont jól illeszkedett a várható lognormális eloszlásra, ami a térképi adatsorhoz képest a valóság jobb közelítését jelenti. A lézeres távmérővel mért hosszak átlagos eltérése 13 m volt a GPS-es adatokhoz képest. A tengelyirányok összehasonlítását az adatok szűrése (túl kicsi, kerek töbrök, terepen pontatlanul rögzített adatok, illetve az erdősült-ség miatt nem átlátható töbrök kihagyásával) csak a felmért töbrök felére tudtuk elvégezni. Míg az egyedi értékek sok esetben nem mutattak jó egyezést, addig az összesítő rózsadiagramokból (12. ábra) mégis hasonló irányokat lehetett megállapítani. Az így kapott ÉNy-DK-i irány kismértékű elfordulást jelent a térkép D-i területegységére vonatkozó főirányhoz képest.



11. ábra: A GPS-szel felmért töbrök mélység illetve alapterület szerinti gyakorisági eloszlása.  
Fig. 11: Frequency distributions of doline depth and area using GPS data.



12. ábra: GPS-szel (baloldali kép) illetve iránytűvel (jobboldali kép) mért töbör-hossztengely irányok.  
 Fig. 12: Doline long axis directions using GPS data (left) and compass (right),

Mivel összesen 11 olyan töbör volt, ami a térképen és a saját méréseinkben is szerepelt, de még ezek között is akadt két ikertöbör, amelyek a térképen egybevonatban szerepeltek, így a dolina-adatok tételes összehasonlítására nem sok lehetőség maradt. E néhány adat összevetése alapján a hosszbeli eltérések átlaga 14 m volt (az véletlenszerű, hogy a térkép, vagy a GPS-es adat volt-e nagyobb), a középpont átlagos elcsúszása 25 m volt, míg a körvonal tengerszint feletti magasságainak átlagos eltérése 34 m-nek adódott (mindig a GPS-es adat volt magasabb). Míg a vízszintes koordináták esetében ez az eltérés elfogadható a térkép méretarányának figyelembevételével, addig a magasságértékek esetében sajnos a GPS miatt is jelentős a pontatlanság.

### Következtetések

Az adatok értékelése alapján az alábbi következtetésekre jutottunk.

Az 1:50.000-es topográfiai térkép (illetve az ebből készített 30 m felbontású DDM) lehetővé teszi a töbörfejlődést meghatározó szerkezeti és domborzati tényezők alapos vizsgálatát. Jelen területre vonatkozóan megállapítottuk, hogy a gyűrődésekhez köthető gerincek (hátak) illetve a feltehetően töréses eredetű völgyek csapásiránya és a töbrök megnyúltsága között az irányrózsák alapján kapcsolat van. Ezzel a módszerrel kvantitatívan is mérhető a törésvonalak menti, illetve a rétegdőlés által irányított beszivárgás hatása a töbörfejlődésre. Megállapítottuk, hogy a vizsgált területen a 8°-nál kisebb lejtésű térszínek térképi ábrázolásával kijelölhetők a potenciálisan töbrösödésre alkalmas felszínek.

A terepen végzett mérések elsősorban a töbör-sűrűség megállapításában jelentettek döntő különbséget a térképi adatokhoz képest. A lézeres távmérésekkel is ellenőrzött GPS-es adatok a horizontális jellemzők (elhelyezkedés, vízszintes kiterjedés, megnyúltság) tekintetében viszonylag meg-

bízhatónak tekinthetők és érdemben pontosíthatják a térkép alapján végzett töbör-morfometriai értékelést. Ugyanakkor a töbrök térképről egyáltalán nem meghatározható mélység-viszonyainak föltárásában az általunk használt GPS-ek sem szolgáltatottak kielégítő eredményeket. Fontos kiemelni, hogy mind a térkép, mind a GPS pontosságában döntő különbség van a nyílt és az erdővel borított térszínnek között (természetesen az előbbi javára). A GPS-es adatok tekintetében a hosszabb ideig végzett, a jó műhold-sűrűséghez igazodó valamint a lombtalan időszakban történő mérések javulást jelenthetnek, illetve a GPS-technológia további fejlődése is még hozhat pozitív változásokat ezen a téren.

### **Köszönetnyilvánítás**

Köszönjük *Jancsik Péternek* a területre vonatkozó információk beszerzésében való segítségét, valamint az ELTE geográfus hallgatóinak közreműködését a terepi és digitalizálási munkákban.

### **IRODALOM**

*HEGEDŰS A.* (2004): A domborzat fő formáinak vizsgálata digitális domborzatmodell alapján – in: Domborzatmodell alkalmazások Magyarországon, HUNDEM 2004 konferencia közleményei. – ME Természetföldrajz-Környezettan Tanszék, CD, ISBN 963 661 686 8.

*JORDAN, G.-CSILLAG, G.-SZUCS, A.-QVARFORT, U.* (2003): Application of digital terrain modelling and GIS methods for the morphotectonic investigation of the Kali Basin, Hungary. – Zeitschrift für Geomorphologie, 47, p.145-169.

*PINCZÉS Z.* (1995): A Déli-felföld természeti földrajza – KLTE, Debrecen, 141 p.

*TELBISZ T.* (2001): Új megközelítések a töbör-morfológiában az Aggteleki-karszt példáján – Földrajzi Közlemények, 125 (49) / 1-2, p.95-108.

*TELBISZ T.-MÓGA, J.* (2005): Töbör-morfometriai elemzések a Szilicei-fennsík középső részén – Karsztfejlődés X., BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 245-266.