

A függőleges felszínmozgások feltételezett „okozói” hatásának szétválasztása és bemutatása a Középső-Tisza és a Körösök vidékén

Dr. Joó István – Balázsik Valéria – Guszlev Antal – Végső Ferenc
NYME Geoinformatikai Főiskolai Kar



A jelenkori függőleges felszínmozgások vizsgálata kérdéseit már számos alkalommal vizsgáltuk, és az eredményeket rendszeresen publikáltuk. A mostani alkalomból érdemben csupán a mozgások feltételezett okozóival foglalkozunk; ott is csupán egy kiválasztott területen (Körös-vidék és Középső-Tisza) és csak a kapott eredmények hatók szerinti szétválasztásával.

Ezzel eleget kívánunk tenni azon kötelezettségünknek [8], hogy ne csupán a hatók szerinti szétválasztás módszerét ismertessük, hanem egy jelentős területen (4500 km²) azt el is elvégezzük, továbbá az eredményt grafikus formában be is mutassuk.

Bár – mint már utaltunk rá – a több évtizedes vizsgálat-sorozat részletes bemutatására nem vállalkozhatunk, mégis szükség van a vertikális mozgások vizsgálata nagy vonalakban történő bemutatására. Ez elsősorban azért szükséges, hogy az olvasó könnyebben tudja elhelyezni a most tárgyalt témacsoportot a teljes folyamaton belül. A vertikális mozgások vázlatos története tehát a következő.

A vizsgálatok első szakaszában az ismételt szabatos mérések (szintezések) adataiból a magasságváltozások (majd mozgássebességek) levezetése (megismerése) volt a cél. Ennek kezdeti szakaszában figyelmet érdemlő vizsgálatokat a következők végeztek Magyarországon: *Gárdonyi Jenő, Bendefy László és Miskolczi László.*

A témakör akkor vált nemzetközivé, amikor az IAG keretében külön bizottságot hoztak létre (CRCM), majd az egykori Szovjetunió Tudomá-

nyos Akadémiája (SzUTA) javaslatára létrejött a KAPG-nevű (1967, Lipcse) programbizottság, és annak programjai között szerepelt a kelet-európai országok területére vonatkozó (az Uralig) „Vertikális Kéregmozgási Térkép„ elkészítése.

Az 1:2,5 millió méretarányú térkép el is készült és 1971-ben (Moszkvában) az IUGG plenáris ülésén bemutatásra is került. Ebben a programban Magyarország is részt vett, és a térkép egyik társszerkesztője Magyarország (*Joó I.*) volt. Ennek a programnak a Magyarországot és Csehszlovákiát érintő hátrányai miatt (Magyarország javaslatára) létrejött egy külön bizottság a vertikális mozgások tanulmányozására (KBR), és ennek vezetését ugyancsak Magyarország (*Joó I.*) látta el; 1975-től egészen 1990-ig.

A KBR-program eredményeképpen a vertikális mozgások vonatkozásában két térképmű készült: m.a.: 1:1 000 000 és 1 mm/év értékű izovonalakkal. Hasonlóképpen született meg a vertikális mozgások sebességei (vonal menti) horizontális gradienseinek térképe is.

A KBR program keretében említett mindhárom térképművet (a hozzá tartozó részletes műszaki leírással együtt) Magyarország adta ki, a térképek főszerkesztője pedig *Joó I.* volt. A mozgásvizsgálatok területén elért eredményeket az MTA Akadémiai díjjal ismerte el (*Joó I.–Czobor Á.–Füry M.–Thury J.*)

A rendszerváltás körüli években szerkesztette meg *Joó I.* a magyarországi vertikális mozgások legrészletesebb térképét (1995, m.a.: 1:500 000, izovonal-értékköz 0,5 mm/év). Ezzel a hazai

vertikális mozgásvizsgálatok első szakasza befejeződött.

A mozgásvizsgálatok második szakasza a múlt század 90-es éveinek elején indult. Ekkor a fő törekvés már a levezetett mozgássebességek és a feltételezett „okozók” közötti kapcsolat feltárása és modellezése lett. Ez a vizsgálat-sorozat eloszlásvizsgálatokkal, aztán „páronkénti” korrelációs együtthatók meghatározásával indult, majd lineáris többváltozós modellekkel folytatódott.

A vizsgálatba bevont adatok a következők voltak:

- sebesség: **S**,
- alapkőzet-mélység: **K**,
- nehézségi anomáliák: **G**,
- földi hőáramok: **H**
- és szeizmikus kockázat.

A vizsgálatok első éveiben Faye-féle anomáliákkal dolgoztunk, és csak később (a titkossági korlátok feloldása után) lehetett áttérni a Bouguer-féle anomáliák használatára.

Hasonlóképpen az első néhány éves vizsgálatok tapasztalatai alapján tekintettünk el a szeizmikus kockázat további felhasználásától; figyelemmel annak a mozgásokban játszott csekély szerepére. A mozgásvizsgálatok elején (kilencvenes évek első éve) kisebb területek adatainak elemzése folyt; általában 40–42 elemszámú sokaságokkal és 10×10 km felbontású háló alkalmazásával.

Ezt követően kiválasztott vonalakon folytatódott a vizsgálat, ahol a vonalak hossza 50–60 km-től közel 200 km is lehetett. Az adatfeldolgozás segítése céljából a felhasznált adatfészeségekre külön-külön felületmodelleket hoztunk létre az **S**, **K**, **G** és **H** mennyiségekre, amelyekről aztán (általában 3 km-es felbontással) hamar juthattunk a szükséges adatok birtokába.

Még később (a vonalmenti vizsgálati vonalak több esetben negatív tapasztalatai alapján) megint „területi” vizsgálatokat végeztünk, azaz egy kiválasztott térség (általában 10×10 km-es, majd 5×5 km-es, végül 3×3 km-es felbontású) adatainak együttes elemzését, modellezését végeztük (végezzük).

Az első ilyen nagy kiterjedésű terület a Középső-Tisza és a Körös-vidék volt [7], (*Pajer T.* és mások). Itt egy 18200 km² terület vizsgálata történt meg 10×10 km-es háló mellett, továbbá (ezen belül) egy 4500 km²-es területen 5×5 km-es felbontás mellett.

Ennél a „területi vizsgálatnál” az eredeti elgondolás az volt, hogy a vizsgálat során nyert nagy számú korrelációs együttható felhasználá-

lásával három térképet szerkesztünk ($r_{S/K}$, $r_{S/G}$, $r_{S/H}$), amelyek alkalmasak lesznek a vizsgált területen a kiválasztott relációk (**S/K**, **S/G** és **S/H**) kapcsolata erősségének kifejezésére. Ez azonban – éppen a rosszul kiválasztott területi csoportokra tekintettel – nem sikerült. Ezért kellett bevezetni a „hányadosok” módszerét (**h**).

A **h**-értékek felhasználásával aztán már megnyílt a lehetőség a sebességek (**S**) és az egyes földtani/geofizikai jellemzők (**K**, **G** és **H**) közötti kapcsolat földrajzi értelmű bemutatására. Így készültek el azok a színes térképek is, amelyek a *Gedézia és Kartográfia 2004/7.* borító lapjain láthatók [7]; mind a 10×10 km-es, mind pedig az 5×5 km felbontású vizsgálati területre.*

Az így nyert ábrázolási lehetőség (nevezetesen a „hányadosok” használatának bevezetése) azonban újabb gondot hozott. Nevezetesen azt, hogy eddig az ismert sebesség-értékek a három feltételezett hatók együttes hatását képviseltek. De nem tudtuk megmondani azt, hogy ezek milyen összetevők eredőjeként születtek, hiszen a

$$h = \frac{S}{K}, \quad h = \frac{S}{G} \quad \text{és} \quad h = \frac{S}{H}$$

összefüggésekben a számlálóban lévő **S**-értékek mindhárom összefüggésben szerepeltek, azaz ugyanazon **S**-értékeket három alkalommal is felhasználtuk. Ezért az ábrázolt hányadosok bár elég meggyőzőek, mégis torzított (nagyított) értékeken alapultak.

Reális képet tehát csak akkor adhatunk, ha előbb megoldjuk az egyes rácpontokra számított sebességek (**S**) szétbontását az azt létrehozó „okozók” (**K**, **G**, **H**) arányos szétbontása révén.

Ennek módját a [8]-ban már publikáltuk. Erre tekintettel a mostani alkalomból csupán a fő lépéseket és annak megértését segítő összefüggéseket ismertetjük.

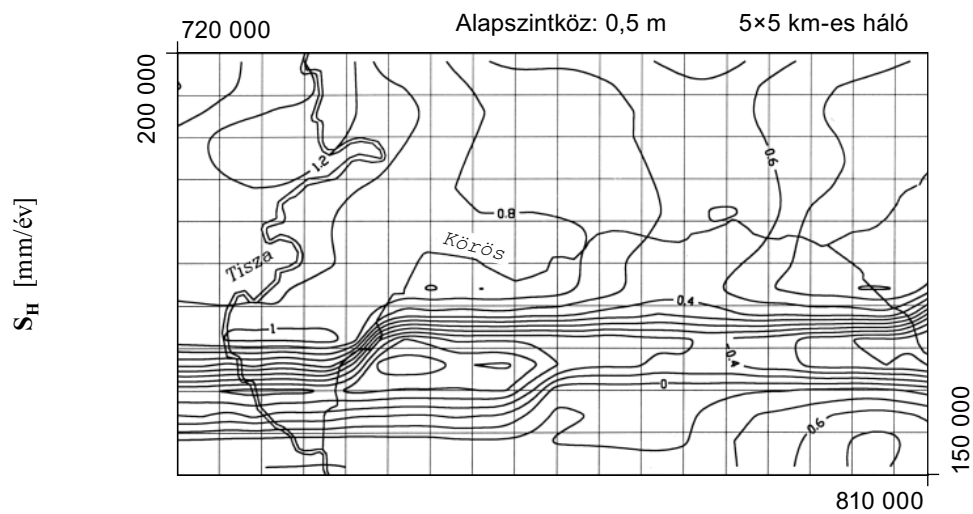
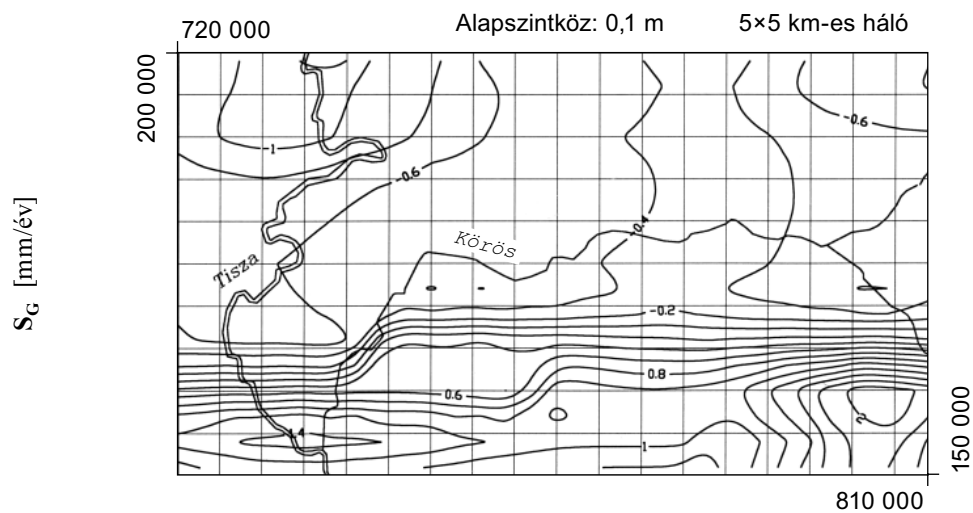
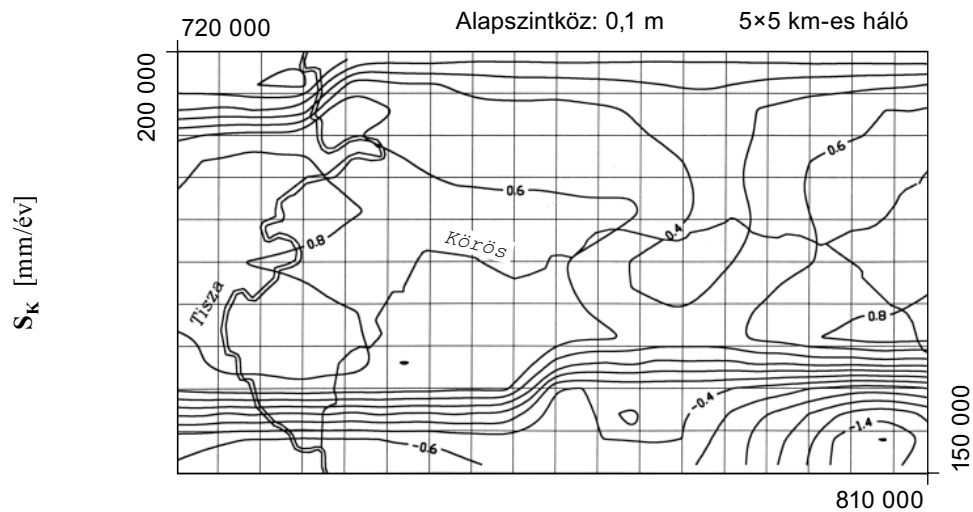
a) Az eredeti sebességek felbontása:

$$S = S_K + S_G + S_H,$$

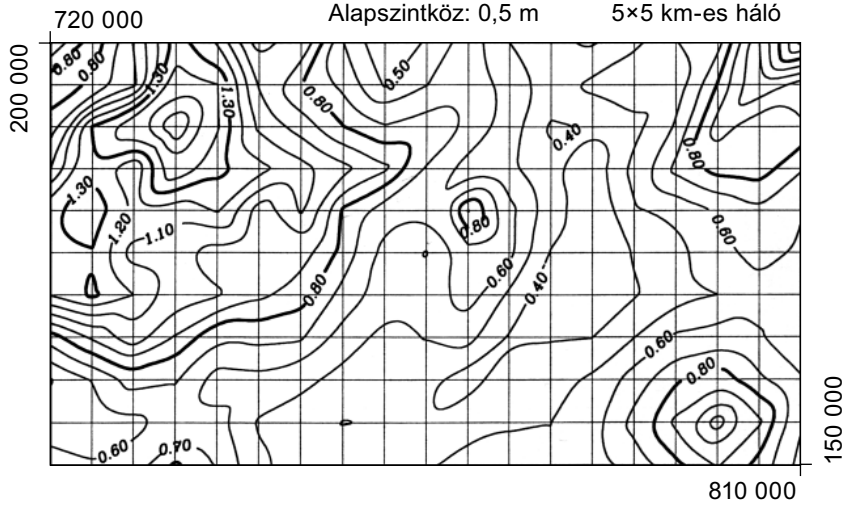
ahol S_K , S_G és S_H sorra a **K**, **G**, illetve **H** hatók okozta sebesség-összetevők. Ez utóbbiak előállításához célszerű a kiegyenlítésből már megismert

* Megjegyezzük, hogy e tanulmány szöveges része összeállításának időszakában (2006. április 22–23.) folyik a lakosság evakuálása a Tiszazugból (Szelevény, Csépa, Tiszasas stb.); remélhetőleg „feleslegesen”. Ugyanez a térség (Tiszazug) sajátos földtani/geofizikai viszonyait jól szemlélteti a *Geodézia és Kartográfia 2004/7.* első külső borítóján látható alsó kép délnyugati része (sötét és zöld foltok)!

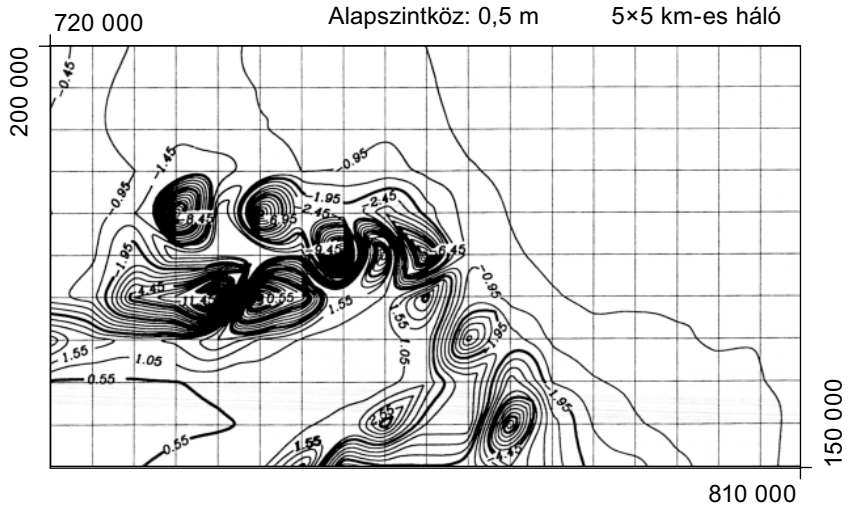
Sebesség-összetevők



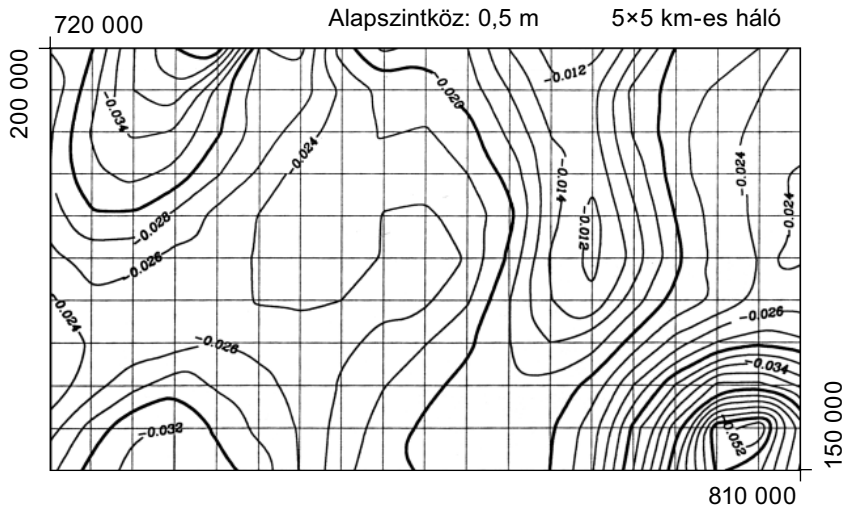
Eredeti hányadosok



$$h = \frac{S}{K} \left[\frac{\text{mm/év}}{\text{km}} \right]$$

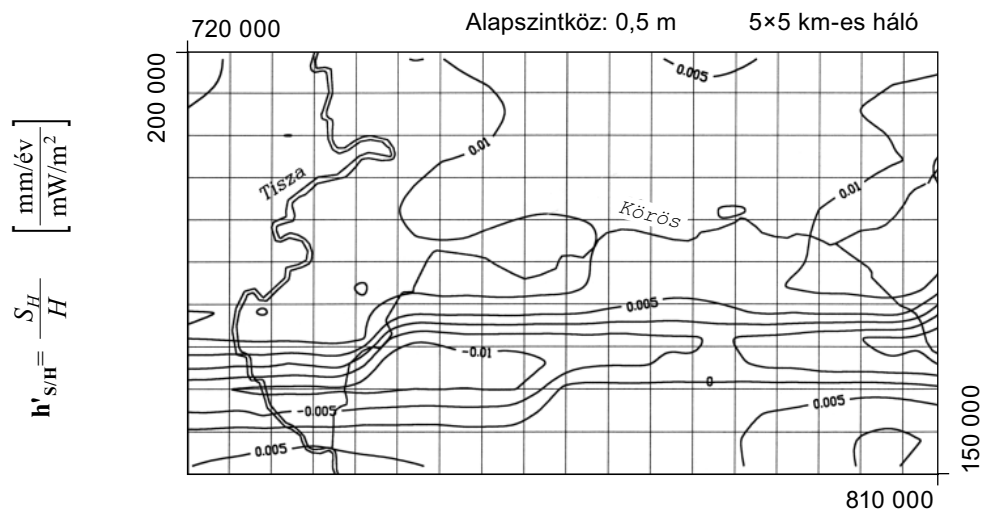
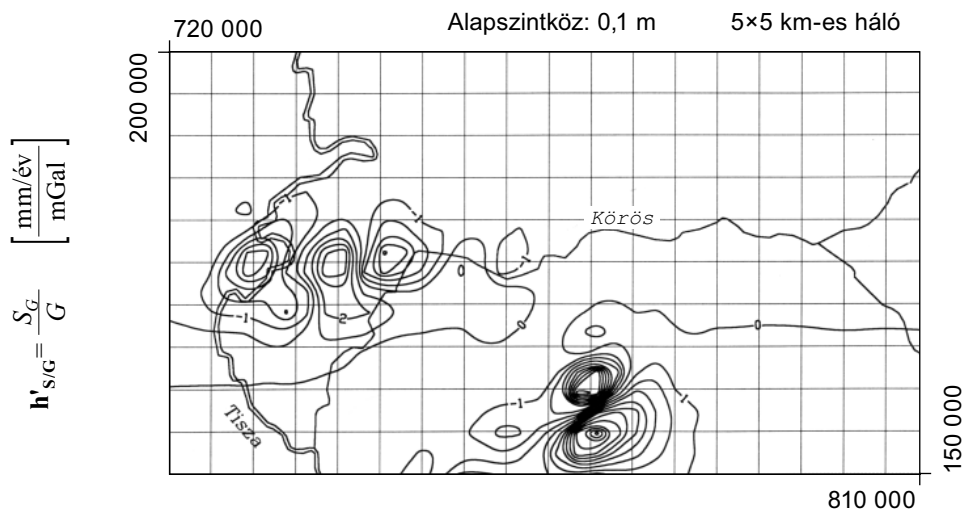
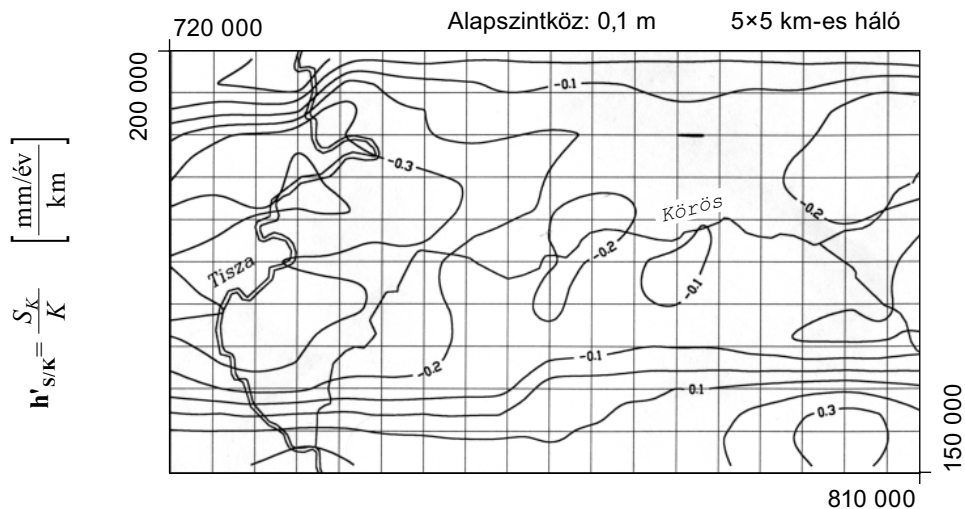


$$h = \frac{S}{G} \left[\frac{\text{mm/év}}{\text{mGal}} \right]$$



$$h = \frac{S}{H} \left[\frac{\text{mm/év}}{\text{mW/m}^2} \right]$$

Bontott hányadosok



$r_{S/K}$, $r_{S/G}$ és $r_{S/H}$ elemi korrelációs együtthatókat felhasználni (és nem azok átlagértékeit). Így

$$\begin{aligned} S_K &= S \cdot r_{S/K} \\ S_G &= S \cdot r_{S/G} \\ S_H &= S \cdot r_{S/H} \end{aligned}$$

b) Az egyszerűbb számítás és ellenőrzés végett célszerű az $r_{S/K}$, $r_{S/G}$ és $r_{S/H}$ mennyiségeket úgy arányosítani ($r'_{S/K}$, $r'_{S/G}$ és $r'_{S/H}$, hogy azok abszolút értékeinek összege 1-gyel legyen egyenlő.

Ehhez képezni kell a módosított korrelációs együtthatók abszolút értékeinek összegét, hasonlóképpen az eredeti korrelációs együtthatók abszolút értékeinek összegét is ($|r_{S/K}| + |r_{S/G}| + |r_{S/H}|$) és a két fajta összeg **B** hányadosát (tényezőjét)

$$B = 1 / (r_{S/K} + r_{S/G} + r_{S/H}).$$

B értékének ismeretében pedig megismerjük az $r'_{S/K}$, $r'_{S/G}$ és $r'_{S/H}$ értékeit, majd a keresett sebesség-összetevők

$$\begin{aligned} S_K &= S \cdot r'_{S/K}, \\ S_G &= S \cdot r'_{S/G} \text{ és} \\ S_H &= S \cdot r'_{S/H}, \text{ továbbá} \\ S_K + S_G + S_H &= S. \end{aligned}$$

c) Az eredeti sebességek összetevőkre bontása után sort keríthetünk a „javított hányadosok” számítására is.

Ehhez a már bemutatott hányadosokat

$$h = \frac{S}{K}, \quad h = \frac{S}{G} \quad \text{és} \quad h = \frac{S}{H}$$

úgy módosíthatjuk, hogy az itt bemutatott összefüggések számlálójába S helyett a már megismert S_K , S_G , és S_H mennyiségek kerülnek, azaz

$$h'_{S/K} = \frac{S_K}{K}, \quad h'_{S/G} = \frac{S_G}{G} \quad \text{és} \quad h'_{S/H} = \frac{S_H}{H}.$$

A [8] tanulmány keretében – felhasználva a [7]-ben már rendelkezésre álló adatokat – számítási példát is bemutatunk mind a sebesség-összetevők (S_K , S_G és S_H) értékek, mind pedig a javított (módosított) hányadosok számítására ($h'_{S/K}$, $h'_{S/G}$ és $h'_{S/H}$), akkor nem mutattuk be sem a számított sebesség-összetevők, sem pedig a javított hányadosok értékeinek alakulását grafikus formában, a teljes vizsgált területen is, mindhárom relációban.

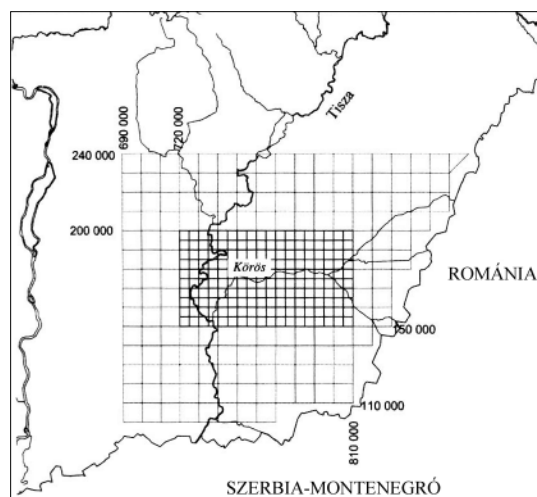
Ennek a tanulmánynak keretében feldolgoztuk a [7] alatt használt és bemutatott 90×50 km-es (4500 km² terület) 5×5 km felbontású összes anyagát. Minden egyes rácspontra számítottuk a három sebesség-összetevőt (S_K , S_G és S_H), továbbá a három módosított hányadost ($h'_{S/K}$, $h'_{S/G}$ és $h'_{S/H}$).

Emellett a fenti adatok grafikus reprezentációit is elkészítettük, nevezetesen:

- a sebesség-összetevőket fekete-fehérben,
- a javított hányadosok esetében pedig egyrészt fekete-fehérben, másrészt pedig színesben; lásd a folyóirat borító oldalait.

(A hányadosokkal összefüggésben felhívjuk a figyelmet egyrészt arra, hogy ezek dimenziós mennyiségek, másrészt a dimenziók relációnként eltérőek!)

A grafikus anyagok könnyebb azonosíthatósága érdekében itt is bemutatjuk a [7]-ben már közölt áttekintő vázlatot is (lásd GK 2004/7. 5. oldalán található 1. ábrát). Ezen együtt látható egyrészt a Középső-Tisza és a Körös-vidékre elhelyezett 10×10 km-es rácsháló, továbbá az a sűrűbb (5×5 km felbontású) rácsháló is, amelyet a mostani tanulmány keretében használtunk.



A szöveg között külön oldalon mutatjuk be a sebesség-összetevőket. Felül az alapkőzet-mélység okozta S_K -értékeket, a középső ábrán a Bouguer-féle nehézségi anomáliák okozta részsebességet (S_G); a lap alján pedig a földi hőáramok okozta részt (S_H).

A három (részsebesség) grafikon alapján könnyűszerrel lehet egy kiválasztott körzetben értelmezni, hogy az ottani mozgás sebességét különösen melyik tényező okozta; pontosabban annak kialakulásában milyen arányban felelősek.

A középső ábra nyugati részén (de különösen annak délnyugati részén) látható (anomália okozta) részsebességek kótái (–1 mm/év, ill. –1,4 mm/év) is érzékeltetik a mozgásokban a nehézségi erőter jelentős hatását.

A hányadosok (eredeti és módosított hányadosok) értelmezésénél felhívjuk a figyelmet arra, hogy minden relációban (az eredeti és módosított) hányadosok mindig azt mutatják meg, hogy a nevezőben lévő „okozó” egységnyi mennyisége mekkora sebességváltozást okoz.

A vizsgálat során levezetett módosított hányadosok grafikonjait úgy állítottuk össze, hogy a baloldalon mindig az adott reláció eredeti hányadosainak grafikonja található, tőle jobbra pedig a bontott sebességekkel számított módosított hányadosok grafikonja (*l. borítók*).

Ebből az is következik, hogy a baloldali oszlop grafikonjának értékei mindig nagyobbak kell legyenek, mint a jobboldal megfelelő grafikonjainak értékei.

*

Összefoglalva a következő megállapításokat tehetjük.

A mozgásvizsgálatoknál felhasznált és kiegyenlített adatok birtokában, a [8]-ban leírt módszerrel lehetőség van a mért és kiegyenlített mozgás-sebességeket a mozgást előidéző hatók szerinti összetevőkre bontani.

Hasonlóképpen lehetséges az eredeti hányadosok (S/K, S/G, S/H) olyan módosítása is, amelyek révén már a részsebességek hányadosait tudjuk számítani.

Különösen a jelentős méretű területek mozgásvizsgálatánál nagy szerephez jut az egész területre kiterjedő grafikus bemutatás.

Az (1+3) változós vizsgálatoknál tehát kétféleképpen is lehetséges az eredmények földrajzi bemutatása. Be lehet mutatni egyrészt a részsebességek alakulását (három külön térképen). Hasonlóképpen lehetséges a módosított hányadosok értékei alakulásának bemutatása is (ugyancsak három-három térképen).

Megjegyzés: A függőleges mozgásvizsgálókat az OTKA támogatja (49575).

IRODALOM

1. *Joó, I.*, editor (1995): The National Map of Vertical Movements in Hungary (SE FFFK, Székesfehérvár, scale 1:500 000)
2. *Kilényi, E.–Rumpler, J.* (1984): Basement Counter Map of Hungary (ELGI, scale 1:1 000 000)
3. *Dövényi-Horváth, F.* (1968): Heat Flow Map of the Pannonian Basin and the Surrounding Regions
4. ELGI (1996): Bouguer-anomáliák átlagértékei (10×10 km)
5. *Joó, I.–Monhor, D.*: 4 Dimensional Least Squares Regression Hyperplan for the Connection between RVCN and Certain Geological Characteristics in the Area of West-Hungary (Proceedings of the RVCN '93 Symposium, Kobe, Japan, 1993, pp 113–116).
6. *Joó I.–Balázsik V.–Gyenes R.* (2000): Szeged–Békéscsaba térségben a függőleges felszínmozgások és földtani jellemzők többváltozós együttes elemzése (Geod. és Kart., 2000/10, 15–21. old.)
7. *Pájer T.–Joó I.–Balázsik V.* (2004): A jelenkori függőleges felszínmozgások és három földtani jellemző kapcsolatának vizsgálata a Középső-Tisza környékén és a Körös-vidéken (Geod. és Kart., 2004/7, 3–15. old.)
8. *Joó I.* (2004): A vertikális felszínmozgások sebességeinek és hányadosainak hatók szerinti szétválasztása (Geod. és Kart., 2004/10, 16–20. old.)
9. *Joó I.*: Magyarország felsőrendű magassági alaphálózatának helyzete és jövőbeli szerepe (Geod. és Kart. 2005/1, 5–12. old.)

Application of the New Way “Resolving into Components the Velocities and Quotients” at the Investigation on Recent Vertical Movements

Joó, I.–Balázsik, V.–Guszlev, A.–Végső, F.

Summary

The idea “resolving into components” the movements velocities and quotients has been published by Joó, I. (Geodézia és Kartográfia, 2004/10. pp. 16–20.). On the basis of this publication a four member team applied this new method in a 4500 km² territory, of Eastern Hungary at the rivers Tisza and Körös. The results are: resolved velocity-, and quotient data and six graphical presentations.