

A függőleges felszínmozgások vizsgálata Kisköre és a Békési-medence, továbbá a Kisalföld térségében

Dr. Joó István egyetemi tanár–Balázsik Valéria főisk. docens
(NYME Geoinformatikai Főiskolai Kar)



A magyarországi függőleges felszínmozgások viszonylag részletes leírása már több kiadványban megjelent (térképek, tanulmányok, előadások). Ezek közül a mostani tanulmány szempontjából különösen a következők érdemelnek hangsúlyos figyelmet. Az egyik Magyarország függőleges irányú mozgásainak digitális térképe, amelynek 1:500 000 m.a.-ú realizálása már 1995-ben megjelent. Ez a mozgások részletes leírását adja 0,5 mm/év értékkel (Joó, 1995). A térkép részletes bemutatása a *Geodézia és Kartográfia* 1996/4. számában található (Joó, 1996).

E térképművel kapcsolatosan megállapítható, hogy Magyarország tekintetében ez jelenleg is a legrészletesebb (és legfrissebb) forrásmű.

Ugyancsak kiemelést érdemel még az a térképmű és a hozzá tartozó leírás, amely a Kárpát–Balkán régió (KBR) vertikális mozgásai (vonallal ment) horizontális gradienseit mutatja (m.a.: 1:1 millió, a dőlésszög élessége 0,001"/év). A térkép 1991-ben jelent meg, *Joó I.* főszerkesztésével és *dr. Hörömpő János* kartográfiai szerkesztésével. A térkép szerkesztésének magyar bizottsága a következőkből állt: *Joó I.–Czobor Á.–Gazsó M. és Németh Zs.*

Ez utóbbi különösen azért érdemel figyelmet, mert ennek során kiterjedt földtani-morfológiai adatgyűjtésre, részletes helyszíni bejárásra (közel 4000 km!), földtani szelvények szerkesztésére, további 1500 oldalas kutatási jelentés összeállítására került sor.

Az eddig leírtak a földfelszín függőleges irányú mozgásai feltárását és azok minél részletesebb bemutatását célozták. A vizsgálat második szakaszá-

ban már a mozgásjelenségek földtani (geofizikai) összefüggései és modellezése került előtérbe. Ezen a területen ugyancsak kiterjedt elemzések történtek. Ezek érzékeltetésére az irodalmi források bemutatása szolgál.

A vizsgálat ide vonatkozó bemutatása már több alkalommal megtörtént. Így azok újbóli részletes bemutatásától eltekintünk. Ehelyett csupán utalunk arra, hogy a vizsgálatok során a mozgássebességek és így a földtani/geofizikai jellemzők feltételezett kapcsolatának elemzésénél, regressziós-korrelációs analízist alkalmaztunk, illetőleg – egyes tipikus térségeknél vagy vonalak mentén – modellezést végeztünk (1+3) vagy (1+4) változós lineáris modellekkel.

Ezen újabb vizsgálatokat a PGT4 szeizmikus mélyszonózási vonalon (Szeged–Békési-medence) végeztük. Ennek során előbb a vertikális mozgások és alapkőzet-mélység közötti kapcsolatot vizsgáltuk, és modelleztük, majd ugyanott (1+3) változós regressziós-korrelációs analízist végeztünk, és modellt vezettünk le, igen kedvező eredménnyel. Ezeket a *Geodézia és Kartográfia* 2000/5. és 2000/10. számában publikáltuk.

Mivel az ismételt geodéziai mérésekből levezetett függőleges irányú mozgások sebességei és a tárgyalt földtani jellemzők kapcsolata meglehetősen bonyolult, ezért az ilyen modellek értelmezésénél nagy körültekintéssel kell eljárni, és a vizsgálatokat indokolt különböző területeken (más vonalak mentén) is elvégezni.

Ennek megfelelően: a mostani összeállításban két újabb vizsgálati vonalon végzett vizsgálatok

eredményeit és az ott levezetett modellek használhatóságát mutatjuk be. Ezek közül az egyik vonal (PGT1) Kiskörétől fut D-K-i irányban egészen a Békési-medence északi részéig, a másik pedig Lövőtől (Győr–Moson–Sopron megye) a Győri-medencén keresztül Kisbérig.

A PGT1-vonal Kisköre környékén metszi a Tisza vonalát, majd a Nagykunságot, a Körös-vidéket és a Békési-medence É-K-i részén végződik.

A Kisalföld elnevezésű (tört) vizsgálati vonal a Kelet-Alpok lábainál indul (Lövő), átszeli a Hanságot, aztán Győr környékén kelet-délkelet irányban halad egészen Kisbérig (Bársonyos).

Az újabb vizsgálatok módszere és főbb lépései megegyeznek a PGT4-vonal vizsgálatánál alkalmazottakkal, amelyeket pedig a Geodézia és Kartográfia 2000/10. számában (bár tömörítve, de) közreadtunk. Így ezek ismételt tárgyalásától ugyancsak eltekintünk. Ehelyett felsoroljuk a módszer főbb jellemzőit és lépéseit.

A vizsgálatnál tehát a függőleges irányú felszíni mozgások sebessége, továbbá a pretercier alapkőzet mélysége (másként fogalmazva a sedimens vastagsága), a Bouguer-féle nehézségi anomáliák, és a földi hőáramok közötti kapcsolatot vizsgáltuk. Ennek keretében számítottuk a páronkénti regressziókat és korrelációs együtthatókat.

Az (1+3) változós lineáris modell *A*, *B*, *C* paramétereinek számításához az *V*. kiegyenlítési csoport alkalmazására kerül sor úgy, hogy minden adat kapott javítást. Itt számítani kellett a kovariációkat, de számítottuk még a kiegyenlítés utáni korrelációs együtthatókat, a paraméterek korrelációját és a szórásokat is.

Végül mindegyik vonalon vizsgáltuk a modell illeszkedését. Ezzel összefüggésben bemutatjuk a maradék ellentmondásokat (azok átlagát, terjedelmét és szórását) is.

1. A PGT1-vonal (Kisköre–Békési-medence) vizsgálata

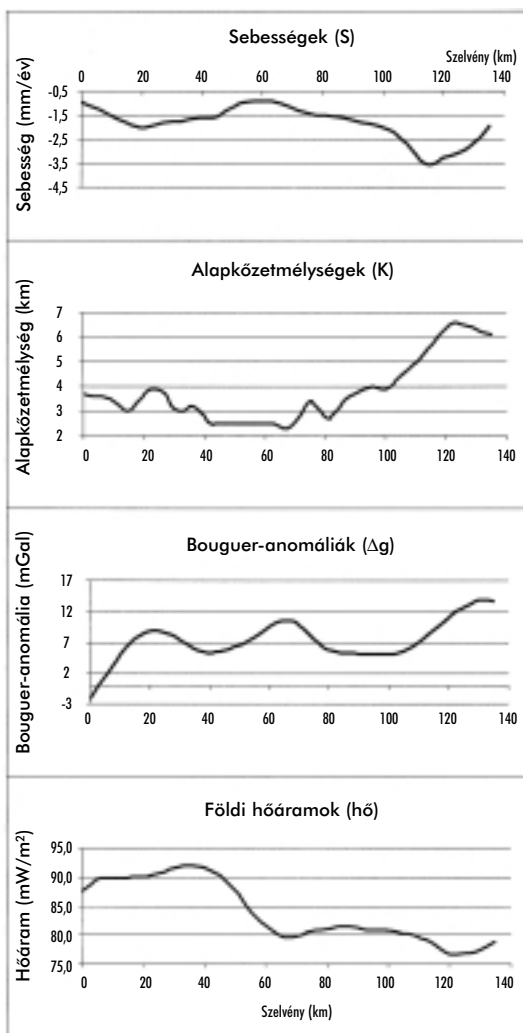
A 135 km hosszú vizsgálati vonalon 3 km-enként vettünk adatokat a saját adatbázisunkból kialakított felületmodellekből (*S*, *K*, Δg és *Hő*).

Kiinduló adatok

I. táblázat

	Átlagérték	Terjedelem	Szórás
<i>S</i> (mm/év)	-1,83	-3,52 → 0,88	0,70
<i>K</i> (km)	3,54	2,30 → 6,60	1,06
Δg (mGal)	6,74	-2,2 → 13,9	2,72
<i>Hő</i> (mW/m ²)	86,40	76,6 → 92,0	5,16

A PGT1-vonal kiinduló adatai



1. ábra

Így minden változóra 46 adat állt rendelkezésre. Ezek főbb jellemzőit (átlag, terjedelem, szórás) az I. táblázat tartalmazza.

A kiinduló adatok vonal menti alakulását az I. ábra szemlélteti, ahol az első grafikon a sebességeket (*S*), a második az alapkőzet-mélységeket (*K*), a harmadik a Bouguer-féle nehézségi anomáliákat (Δg), a negyedik pedig a földi hőáramok (*Hő*) értékeinek alakulását mutatja.

A korrelációs együtthatók értékeinek átlagát (kiegyenlítés előtt és után) a II. táblázat mutatja. A táblázat első sorában a kiegyenlítés előtti (páronkénti) korrelációs együtthatók átlaga, a második sorban pedig a kiegyenlítés utáni értékek láthatók.

	S/K	S/ Δg	S/Hő
Kiegyenlítés előtt	-0,85	-0,42	0,45
Kiegyenlítés után	-0,87	-0,44	0,48

A korrelációk vonal menti alakulását a 2. ábra három grafikonja szemlélteti.

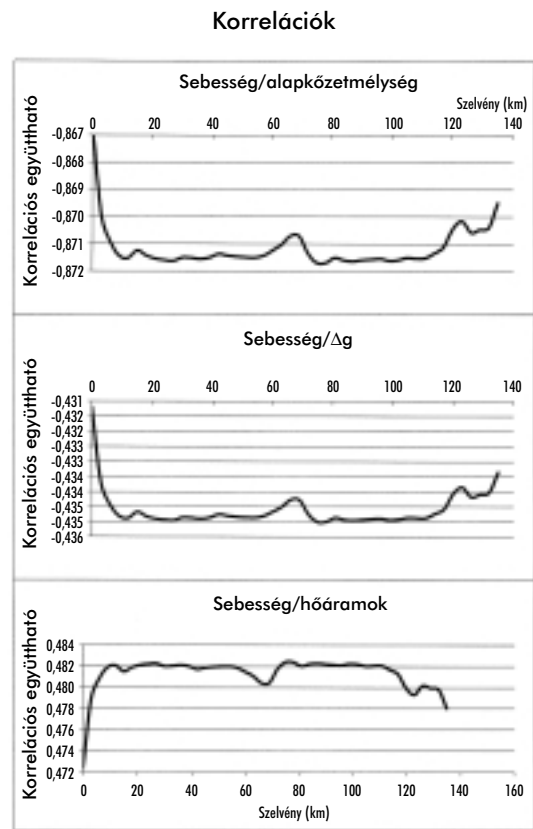
A II. táblázat és a 2. ábra alapján a következő megállapításokat tehetjük.

a) Az eddigi tapasztalatnak megfelelően a leg-erősebb kapcsolat itt is a sebesség és alapkőzetméltség között mutatkozik $r = -0,87$.

b) A kiegyenlítés előtt és után számított korrelációs együtthatók csak kis mértékben különböznek egymástól.

c) A korrelációk vonal menti értékei ugyancsak kis mértékben változnak.

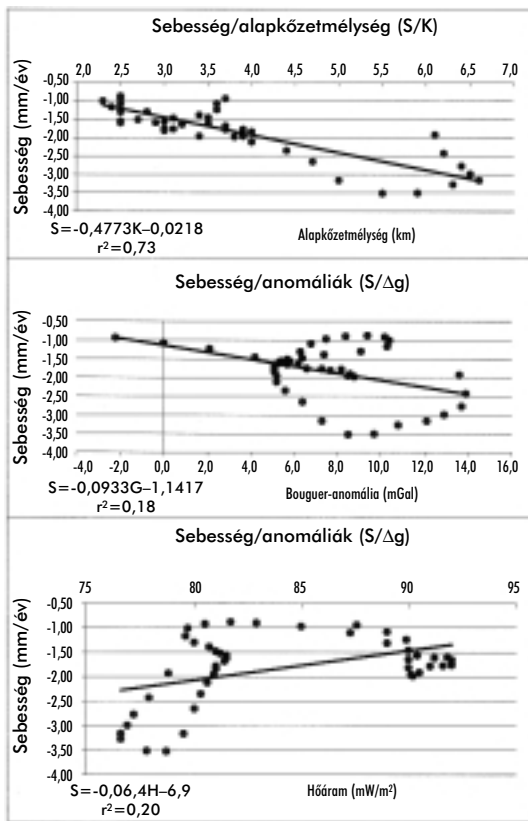
Az S függő változó, továbbá a K, Δg és Hő független változók regresszióját, ezen kívül a regressziós egyenleteket és $r^2=R$ értékeket a 3. ábra mu-



2. ábra

tatja. Itt a legnyugodtabb képet az S/K-reláció mutatja. Sokkal zavartabb a kép S/ Δg -nél és S/Hő-nél.

Regressziók



3. ábra

A korábban már bemutatott modell ($(S-S_0) = A \cdot K + B \cdot \Delta g + C \cdot H_0$, ahol S_0 az átlagos sebesség) kiegyenlített A, B és C paramétereit a III. táblázat mutatja, ahol A a kőzetméltséghez, B a Δg -hez, C pedig a földi hőáramhoz kapcsolódik.

A paraméterek értékei és szórások III. táblázat

A	-0,3973	0,0131
B	-0,0035	0,0048
C	0,0184	0,0006

A paraméterek szórásai alapján a B-paraméter mutat nagyobb bizonytalanságot, ami összecseng az $r = -0,44$ értékkel, továbbá a 3. ábra második grafikonja által mutatott eléggé zavart regresszióval.

Végül szóljunk a maradék ellentmondásokról is. A modell illeszkedését a maradék ellentmondá-

sok(Δ) reálisan reprezentálják. Ezeket esetünkben a következőkkel lehet jellemezni.

$\Delta_{\text{átlag}}$: 0,35 mm/év
 Terjedelem: -1,35 \rightarrow 0,66 mm/év
 Szórás: 0,35 mm/év

Megállapítható, hogy a PGT1 vonalra levezetett modell használható, de már kevésbé olyan hatékony, mint a PGT4 vonalra levezetett, ahol $\Delta_{\text{átlag}} = 0,21$ mm/év, a szórás pedig 0,24 mm/év volt (Joó I. 2001). Ez azonban természetes is, ha figyelembe vesszük PGT4-nél a nagyobb alapkőzet-mélységet és azt a felismerést, hogy a sebesség legerősebben a kőzetmélységtől függ.

2. A Kisalföld-vonal (Lövő–Győr–Kisbér) vizsgálata

A 120 km hosszú vizsgálati vonal Lövőtől kiindulva Győr közelében megtörik és így éri el Kisbért; amely a Dunántúli-középhegység nyugati részén a Bársonyos nevű dombvidéken található. A vonal választásával azt kívántuk megtudni, hogy miképpen alakul a modell egy olyan vonal mentén, ahol a kezdőpont (Lövő) még a Keleti-Alpok lábánál található, majd ezt követően áthalad a Hanság jellegzetes térségén, majd (Győr térségében) eléri a Kisalföld magyarországi részének legvastagabb fedőrétegét (5,6 km), aztán pedig belemetsz a Dunántúli-középhegység nyugati-északnyugati részébe.

A vizsgálati vonalhoz tartozó kiinduló adatokat a IV. táblázat tartalmazza.

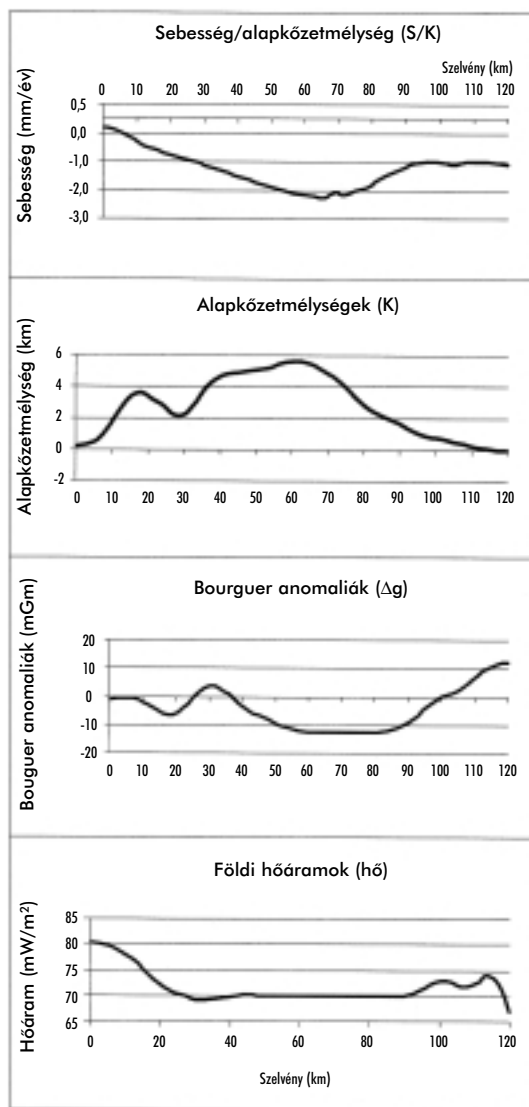
Kiinduló adatok

IV. táblázat

	Átlagérték	Terjedelem	Szórás
S (mm/év)	-1,26	-2,26 \rightarrow 0,18	0,70
K (km)	2,6	0,00 \rightarrow 5,60	1,06
Δg (mGal)	-4,1	-12,7 \rightarrow 11,9	0,73
Hő (mW/m ²)	70,0	66,9 \rightarrow 80,3	5,16

Ugyanezen adatok vonal menti alakulását a 4. ábra szemlélteti. Ennek első grafikonja jól mutatja, hogy a Keleti-Alpok ismert emelkedő trendje még Lövőnél is kimutatható, mintegy (0,2–0,3) mm/év értékkel, aztán Győrig fokozatosan erősödik a süllyedés sebessége, ahol a szélső érték már -2,2 mm. Ezt követően (Kisbérig) a sebesség fokozatosan mérséklődik. Ennek a grafikonnak közel a fordítottja a második grafikon (K), ami már előre vetíti a korrelációs együtthatók ($r_{S/K}$) várható magas értékét.

Kiinduló adatok



4. ábra

A 4. ábra harmadik grafikonja szerint Δg még mutat bizonyos kapcsolatot S-sel, illetőleg a K-értékekkel, a hőáramok görbéje azonban eléggé monoton.

A korrelációs együtthatók átlagértékeit (kiegyenlítés előtt és után) az V. táblázatban adjuk meg. Eszerint határozott kapcsolat az S/K viszonylatban adódott.

A korrelációk vonal menti alakulását az 5. ábra mutatja.

Az V. táblázat és az 5. ábra alapján az alábbi megállapításokat tehetjük.

a) Ennél a vonalnál is az S/K reláció dominál (a sebesség és az alapkőzet-mélység közötti kapcsolatot a legerősebb).

b) A kiegyenlítés révén az $r_{S/H\ddot{o}}$ értéke erősen csökkent (0,80-ról 0,38-ra). Az ok valószínűleg abban keresendő, hogy a vonal földtani értelemben eltérő körzeteket szel át, amely különösen

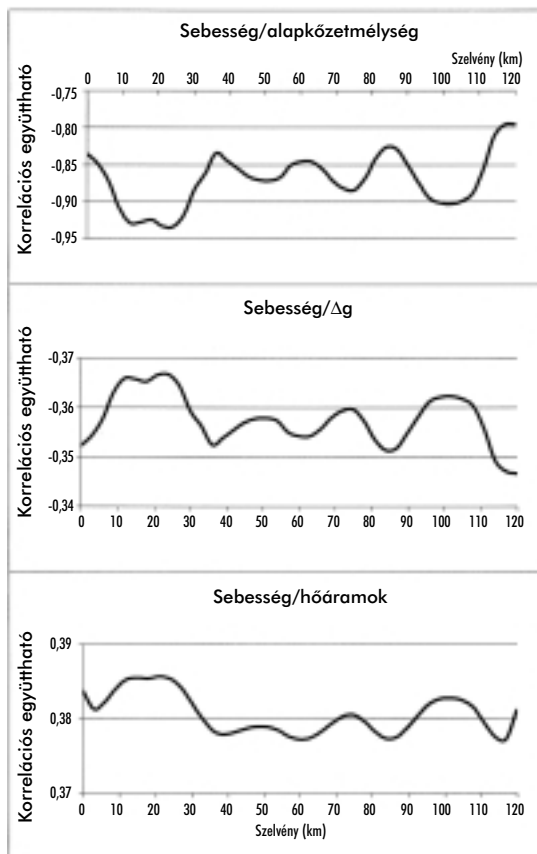
Korrelációs együtthatók átlagai

V. táblázat

	S/K	S/ Δg	S/H \ddot{o}
Kiegyenlítés előtt	-0,75	0,58	0,80
Kiegyenlítés után	-0,87	0,36	0,38

igaz a földi hőáramokra. (Ez egyúttal arra is figyelmeztet, hogy a vizsgált mennyiségek közötti valószínű kölcsönhatás kimutathatóságát erősen befolyásolja a vonal kijelölése.)

Korrelációk

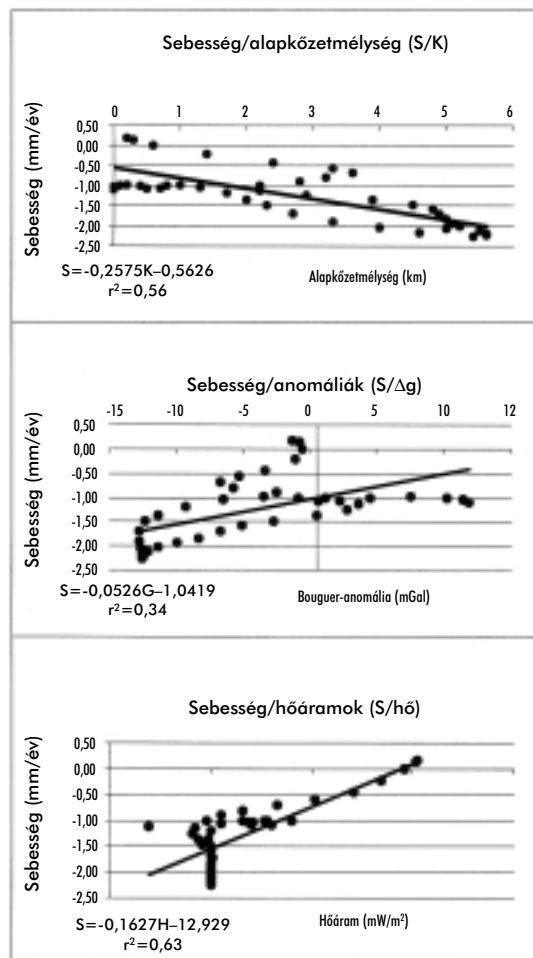


5. ábra

A másik ok abban keresendő, hogy Lövő térségében a földi hőáram értékei még magasak (80,0 mW/m²), amely a Kisalföldön 69,0 mW/m²-re csökken.

c) Az 5. ábrát szemlélve még az emelhető ki, hogy a Hanságnál mindhárom korrelációs együttható magasabb a vonal többi részénél található-nál, az r-értékek pedig közel állandóak (kis szórást mutatnak).

Regressziók



6. ábra

A 6. ábrán a regressziók alakulása látható. Megállapítható, hogy a regressziók eléggé zavarok, különösen az S/ Δg és az S/H \ddot{o} viszonylatban.

Mivel a Kisalföld-vonalnál a modell és feldolgozás módja megegyezik az előző fejezetben leírtakkal, ezért ezekkel itt külön nem foglalkozunk.

Ehelyett a VI. táblázatban bemutatjuk az A, B, és C paraméterek értékeit és azok szórását.

A paraméterek értékei és szórások VI. táblázat

A	- 0,2677	0,0150
B	- 0,0028	0,0040
C	0,0103	0,0010

Megállapítható, hogy az erre a vonalra kapott paraméterek hasonló mértékűek (és előjelűek), mint a PGT1-nél láttuk (III. táblázat), és hasonlóak a szórások és az eredeti értékek aránya is; azaz itt is a B paraméter a kevésbé határozott. Ez azt jelenti, hogy a modell teljesítményét mindkét vonalnál gyengíti meg S/ Δ -reláció és (ennek révén) a B paraméter hektikus jellege.

A modell hatékonyságát ugyancsak kifejező maradék ellentmondások (Δ) jellemzői a következők:

$$\Delta_{\text{átlag}}: 0,03 \text{ mm/év}$$

$$\text{Terjedelem: } -0,78 \rightarrow 0,52 \text{ mm/év}$$

$$\text{Szórás: } 0,41 \text{ mm/év.}$$

Érzékelhetjük, hogy az eltérések terjedelme meglehetősen nagy; ezek szórása pedig (a PGT1-hez képest) tovább növekedett. Ugyanakkor nem téveszthet meg bennünket a $\Delta_{\text{átlag}}=0,03$ mm/év érték, mert ez előjelhelyes átlag! Ha például a PGT4-nél kimutatott $\Delta_{\text{átlag}}=0,21$ mm/évvel akarjuk a mostanit összevetni, akkor ennél a vonalnál is az eltérések abszolút értékeinek átlagát kell számolni, amely

$$\Delta_{\text{átlag}} = \frac{\sum |\Delta|}{n} = 0,35 \text{ mm/év}$$

lesz, ennek szórása pedig 0,41 mm/év. Ez ugyanazt jelenti, mint amit az előzőekben már megfogalmaztunk.

A vizsgálat főbb eredményeinek összefoglalása

A PGT4 szeizmikus mélyszondázási vonalon végzett sikeres vizsgálatok és modell-alkotás tapasztalataira támaszkodva két újabb vonalon (PGT1 és Kisalföld) végeztünk hasonló elemzéseket, és modelleztük a mozgássebességek, továbbá a felhasznált földtani/geofizikai jellemzők közötti kvantitatív kapcsolatot.

A két új vonalon végzett vizsgálatok eredményei a következőket mutatják.

a) A PGT4-nél alkalmazott metodika más területeken is használható, de a modell hatékonysága érezhetően mérséklődik (az alapkőzet-mélység csökkenésével arányosan).

b) A B paraméter és az ahhoz tartozó szórás kö-

zel azonos értéke arra utal, hogy a két vonalra jellemző adottságok mellett a nehézségi anomáliák hatása nem erősíti a modell konzisztenciáját.

c) A további vizsgálati vonalak kialakításánál törekedni kell arra, hogy az hasonló földtani adottságú területeket érintsen.

d) A vizsgálatokat célszerű további tipikus körzetekben folytatni.

Végül tájékoztatjuk az olvasókat, hogy közreműködtek még: Gyenes Róbert mérnök, továbbá Molnár Krisztián és Mogyorósi Péter (III. éves hallgatók).

A vizsgálatok pénzügyi feltételeit az OTKA biztosította (T30453).

IRODALOM

Kilényi, E.–Rumpler, J. (1984): Basement Counter map of Hungary (ELGI), scale 1:1 million ELGI: Bouguer anomália átlagértékek (10x10 km)

Joó, I. (1990): Preliminary Correlation Analysis of Recent Vertical Movements in Hungary with some Geological Characteristics (19 p) Symp. on Deformation Processes and the Structure of Lithosphere, May 3–10. 1990. Potsdam, Holzau)

Detrekői, A. (1991): Kiegyenlítő számítások (Tankönyvkiadó, Bp., 1991, 685 oldal)

Joó, I. (1991): The Recent Vertical Movements and some Geological Peculiarities of the Pannonian Basin (Internat. Symp. on Geodynamic Evolution of the Pannonian Basin, 18–20 Oct. 1990. Beograd); Serbian Academy of Sciences and Arts, Vol LXII, Dept. Of Natural and Math. Sciences Vol 4. 1991, Beograd; pp 143–159)

Joó, I. (1991): Recent Vertical Crustal Movements in the Little Hungarian Plain and their Connection with Geologic Parameters (Symposium on Physical Processes in the Deformation of the Lithosphere; XX. Gen. Ass. of IUGG, Wien 1991. aug.)

Joó, I. (1991): Map of horizontal gradients of velocities of recent vertical movements in the Carpatho-Balkan Region is based on measured data, scale 1:1 million, Cartographia, Budapest, 1991. (editor-in-chief)

Joó, I. (1992): The Investigation of presumed connection of Rec. Vert. Movements with some geological characteristics using multivariable correlation analysis; IAG Reg. Symp. on Rec. Crustal Movements in Europa, August 31–September 4, 1992. Székesfehérvár (p 18)

Joó, I.–Szócs, H. (1993): The investigation of a presumed connection on RVM with geological characteristics by multivariate correlation analysis

(Journal of Geodynamics, vol. 18, Number 1–4, pp 135-145)

Joó, I.–Monhor, D. (1994): 4-dimensional, Least Squares Regression Hyperplane for the Connection Between Recent Vertical Crustal Movements and Certain Geological Characteristics in the Area of West-Hungary (Proceedings of The Eighth Internat Symp. on RCVM, Kobe, Japan, December 6–11. 1993. (pp 113–116)

Joó, I. (1995): The National Map of Vertical Movements of Hungary (SE FFFK, Székesfehérvár, scale 1:500 000 (editor)

Joó, I. (1996): A földfelszín magassági irányú mozgásai Magyarországon; (Geodézia és Kartográfia 1996/4; 6–12.old.)

Joó, I.–Balázsik, V.–Gyenes, R. (2000): A jelenkori függőleges felszínmozgások és a DK-Magyarországon végzett szeizmikus mélyszondázási adatok összehasonlítása (Geod. és Kart. 2000/5, 12–19. old.)

Joó, I.–Gyenes, R.–Balázsik, V. (2000): Szeged–Békéscsaba térségben a függőleges felszínmozgások és földtani jellemzők többváltozós együttes elemzése (Geod. és Kart. 2000/10, 15–21.o.)

Joó, I. (2001): Függőleges felszínmozgási modell hatékonyságainak vizsgálata (Geod. és Kart. 2001/3, 10–12. old.)

Investigation on vertical surface movements in the regions of Kisköre and Békés-basin moreover of the Little Hungarian Plain

I. Joó–V. Balázsik
Summary

The study is a common publication about RVM investigation made in two different lines in Hungary. The first line with his length of 135 km starts at Kisköre then cross the Körös-region and end at the Békés-basin. The location of the second one (120 km) to be found in the Little Hungarian Plain from Lövő (near to Sopron) through Győr until Kisbér being in the western part of the Middle Hungarian Mountains.

The subject of the investigation is the supposed relationship between the movements's velocities and some geological characteristics as basement depth, gravity anomaly and terrestrial heat flow. There are also presented the most important results as regressions, correlation coefficients, the model, variancies etc.