

# Hosszanti és haránttörések az elektromágneses leképezésben az ÉNy-Dunántúlon<sup>1</sup>

ÁDÁM ANTAL<sup>2</sup>

A tanulmány azt vizsgálja, hogy az ÉNy-Dunántúlon magnetotellurikus (MT) mélyszondázással megállapított, többnyire fedett, ÉK–DNY-i irányú (hosszanti) mélytörések — oldaleltolódások — nyomai mennyire követhetők a felszínen (tektonikai térképen), továbbá folyamatosak-e vagy különböző méretű önálló jólvezető dike-oknak a hosszanti törések mentén való elrendeződései, amelyeknek kialakulásában jelentős szerepet játszottak a hosszanti és haránttörések metsződései.

A tellurikus térképek, továbbá a magnetotellurikus inverziók és egyéb paraméterek ez utóbbi feltevést látszanak alátámasztani.

**A. ÁDÁM: Longitudinal and transversal fractures as they appear in the electromagnetic imaging in NW Transdanubia**

*It has been studied whether the deep fractures detected by magnetotelluric soundings along the longitudinal strike slips in the NE-SW direction can be followed on the surface (in the tectonic maps), further on are they continuously open (loosed) in their total length or not. In this latter case they consist of a series of conducting dikes arranged along the main tectonic directions. In the generation of these dikes the crossing of the longitudinal and transversal fractures can play the decisive role.*

*The telluric map(s) and the magnetotelluric and magnetovariation profile seem to confirm the latter statement.*

## Bevezetés

Az elektromágneses indukciós munkatalálkozók anyagát tanulmányozva látható, hogy a magnetotellurikus (MT) módszerrel elért eredmények közül kiemelkednek a törések, nyírási zónák, áttolódási síkok stb., tehát a tektonika indikációi a mélyszerkezetekben. A tektonika a kőzetek fellazításával megnöveli a pórustérfogatot, amelyet kedvező esetben folyadék tölt ki és ez a kőzetek fajlagos ellenállását nagyságrendekkel csökkentheti, amint az az 1. ábrán [OLHOEFT 1981] látható. Amennyiben tehát a pórusokban folyadék van, a fajlagos ellenállás a porozitás függvényében az Archie-törvény értelmében változik:

$$\rho_o = \frac{a}{\phi^m} \rho_w,$$

ahol

$\rho_o$  — folyadékkal telített kőzet fajlagos ellenállása;

$\rho_w$  — a folyadék ellenállása;

$\phi$  — a kőzet porozitása  $1,3 < m < 23$ ;  $0,5 < a < 1$ .

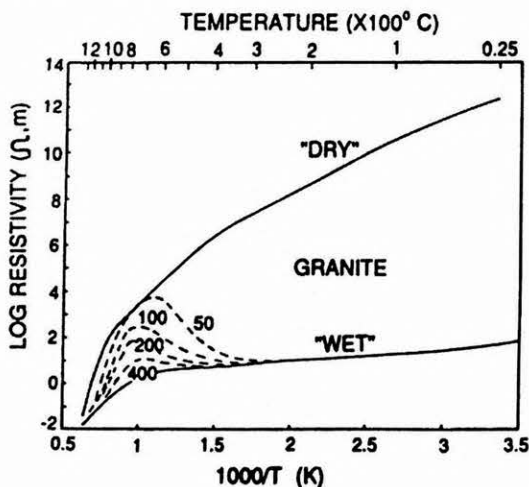
A tektonika — amely bármikor megújulhat — felismerését segítik a kis ellenállású és kis viszkozitású grafitos fekete palák (ún. black schist-ek) is, továbbá a kőzetszemcsék felületét beborító grafitfilm („grain boundary graphite film”). (Ezek mechanizmusának tárgyalása külön fejezetet igényel.) A fekete palák tektonikai szerepével kapcsolatban idézzük az Ensenada-i EM Indukciós Munkatalálkozó (1990) megállapítását:

„A kis szilárdságú grafitos (fekete) palák magukba fókuszálják a tektonikai deformációkat és ez a nyírási zónákban a karbon akkumulációjához vezethet [HJELT 1990].

A nagy tapasztalattal, sok földtanilag/tektonikailag ér-

dekes területen tevékeny német geofizikus V. HAAK mondta a 2001-es belski NATO-konferencián a fentieket megerősítve:

„A kéregben lévő vezetőképesség-anomáliák az építő és főként pusztító folyamatok, mint a törések, nyírások, áttolódások „maradványai” (paleotektonika), amelyek a litoszférát kialakították, formálták” [ÁDÁM 2001a].



1. ábra. A folyadék (<0,1 mol NaCl-oldat) hatása a gránitok elektromos fajlagos ellenállására a hőmérséklet és nyomás függvényében [OLHOEFT 1981]. A szaggatott vonalak különböző víznyomás (MPa) mellett adják a fajlagos ellenállást. A  $\rho$  összefüggésben  $k$ –Boltzmann-állandó,  $T$  [K°]–abszolút hőmérséklet

Fig. 1. The effect of the fluid to the resistivity of granites vs. temperature and pressure. The dashed lines are for various water pressure in MPa and for water salinities are less than 0.1 molar NaCl. In the  $\rho$  relationship:  $k$ –Boltzmann constant,  $T$  [K°]–absolute temperature

Jól ismert a tektonika szerepe a földrengések keletkezésében. ZHAO et al. [2002] hatalmas mennyiségű japán

<sup>1</sup> Beérkezett: 2003. június 11-én

<sup>2</sup> MTA FKK Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet (GGKI), 9401 Sopron, Pf. 5

földregés adatot elemzett a földregések kipattanási helyének geofizikai paramétereivel együtt és arra a következtetésre jutottak, hogy a „nagy földregések nem akárhon keletkeznek, hanem csak fizikailag, kémiaiilag anomális területeken, amelyek geofizikai módszerekkel kimutathatók. Ez utóbbi területek fizikájának „tanulmányozása elősegítheti a földregések gerjesztési folyamatának jobb megértését és ezáltal a földregésveszély enyhítését”. A tanulmány címe: „A folyadék és a magma hatása a földregésekre: szeizmológiai evidencia”. Az anomáliák okát tehát elsősorban ezekben a kis viszkozitású anyagokban keresik. Az Izmit-i (1999. augusztus 17.) földregéses terület MT vizsgálatával kapcsolatban S. BULENT TANKnak neves japán kutatókkal írt tanulmányában [BULENT TANK et al. 2002] szerepel a következő mondat: „Jelen megfigyelések arra utalnak, hogy szoros korreláció van a földregések és a folyadék között.”

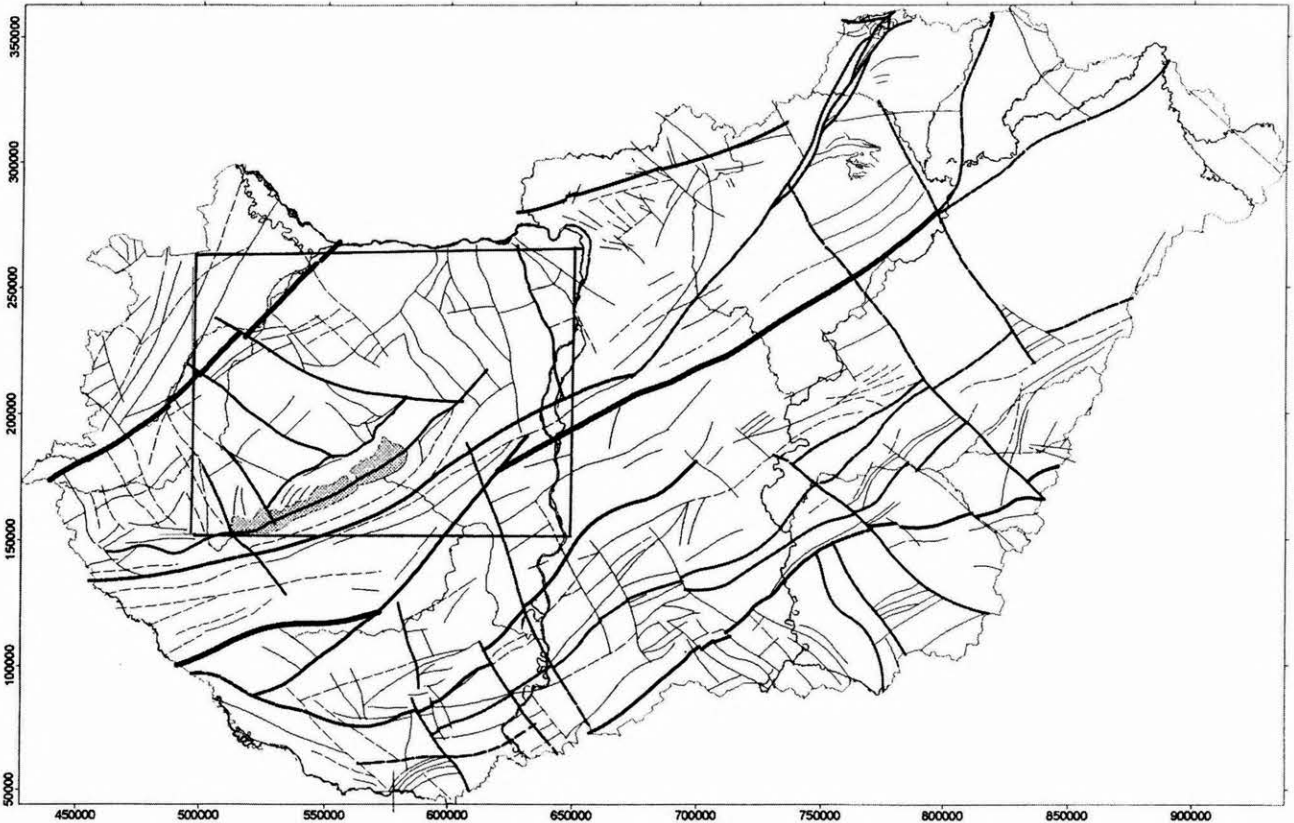
Az EM indukciós kutatások alkalmasak mind a tektonika (paleotektonika) követésére, mind a tektonikai övek folyadék és grafit/fémes ásványok tartalmának kimutatására. Mindezek jelentős elektromos vezetőképesség növekedést okozhatnak.

A fenti közt fizikai és módszertani szempontok alapján

megvizsgáljuk az ÉNy-Dunántúl tellurikus/magneto-tellurikus adatrendszerének tektonikai indikációit és azok kapcsolatát az eddigi földtani/tektonikai ismereteinkkel, továbbá a terület szeizmicitásával.

## 1. Tektonikai szerkezetek földtani (azaz felszíni, felszínközeli fúrásos) megfigyelések alapján az ÉNy-Dunántúlon

Az ÉNy-Dunántúl jelenlegi, egyik tektonikai vázlata szerint [DANK, FÜLÖP (Eds) 1986] is a felszínen észlelt tektonikai vonalak durván két jellegzetes irányba: ~ÉK-DNy és ~ÉNy-DK irányába rendeződnek. Ezek közül kiemelkedik a közel ÉK-DNy-i „Rába-vonal”, továbbá a „kettős” „Balaton-vonal”, amelyek közül az egyik a Balaton tengelyében, a másik attól D-re húzódik. Általában az utóbbit tekintik Balaton-vonalnak (2. ábra). Ezek hosszanti törések, feltolódási, oldal-eltolódási vonalak stb. A fentiekhez hasonlóan vastag vonallal jeleztek a 2. ábrán több elsőrendű(?) haránttörést is. Vékony vonalakkal felszíni megfigyelésekkel megállapított rövidebb tektonikai vonalakat is beszerkesztettek az ábrába.



2. ábra. Tektonikai vázlat Magyarországról [DANK, FÜLÖP (Eds) 1986]. Az 5. ábrán ábrázolt három jólvezető dike-rendszer területét egy négyszögbe foglaltuk

Fig. 2. The tectonic map on Hungary by DANK, FÜLÖP (Eds)'s [1986]. The area of the three conductive dike systems from Fig. 5 is remarked with a square

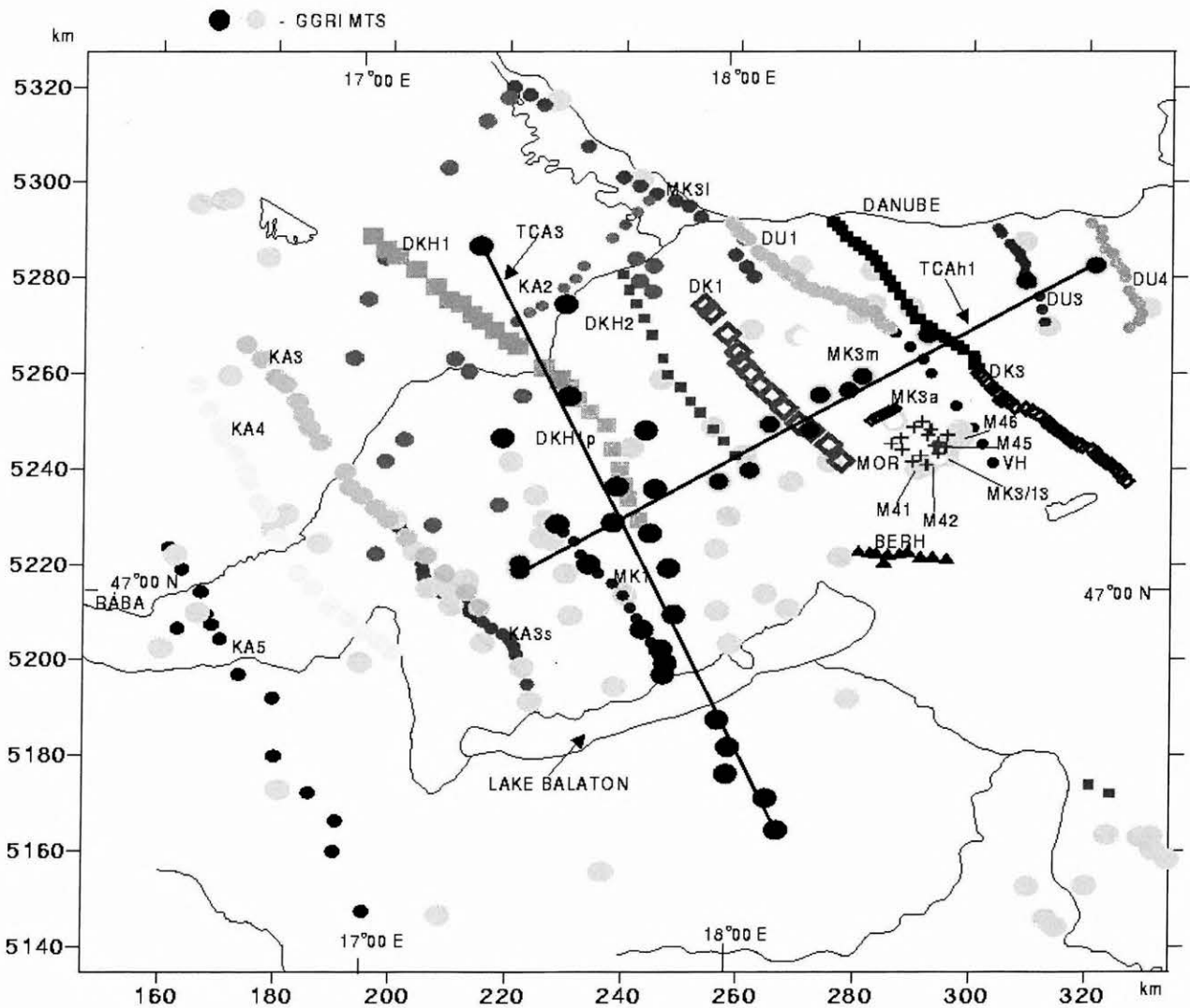
## 2. Tektonikai indikációk az elektromágneses (tellurika, magnetotellurika) leképezésben

### 2.1. Mélytörések és nyomaik a felszínen

A 3. ábrán a Dunántúli Vezetőképesség-anomálián az ELGI és a GGKI (GGRI) által mért magnetotellurikus szondázási pontok és két inverziós szelvény (TCA3 és TCAh<sub>1</sub>) vonala látható.

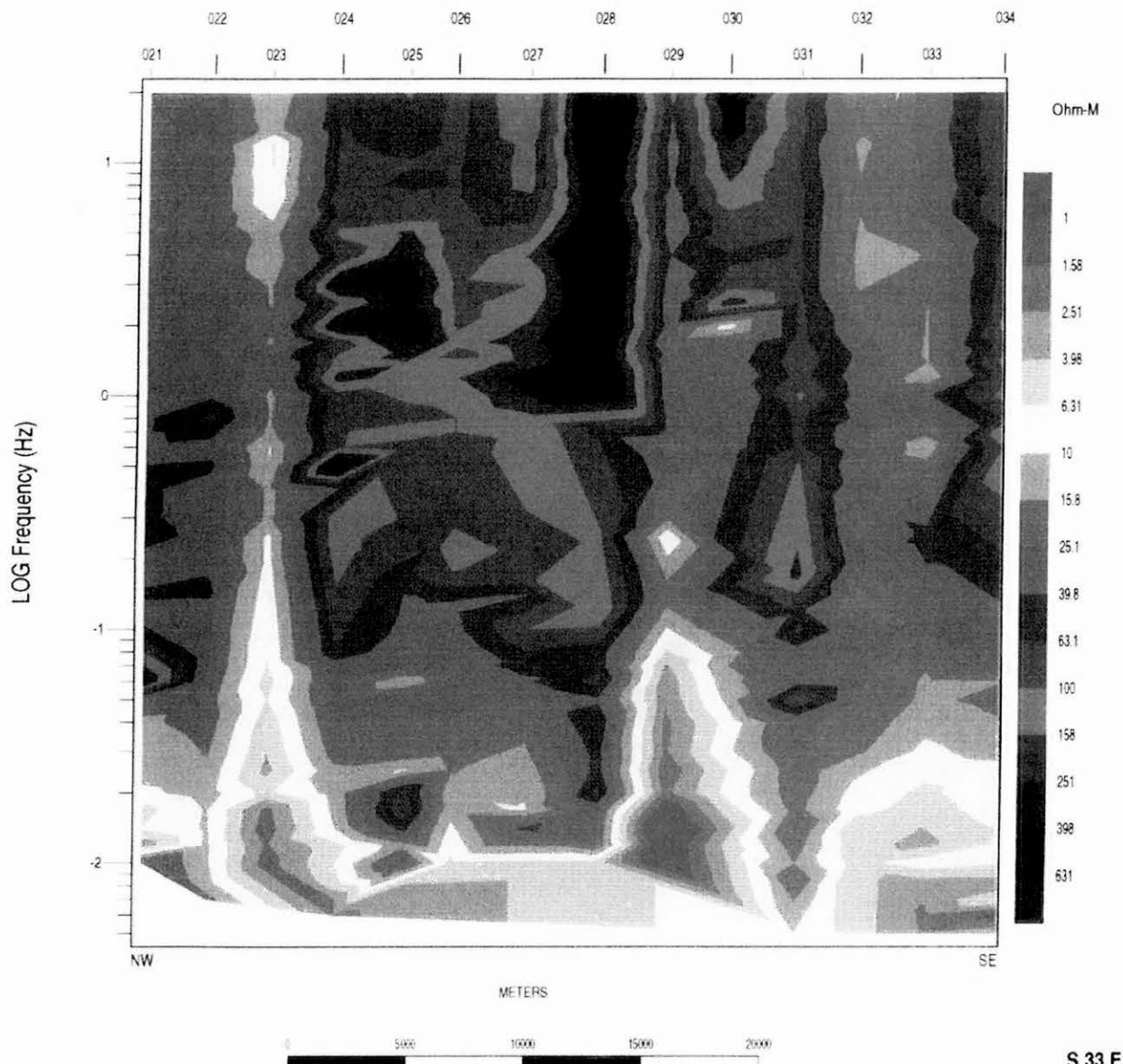
A 4. ábrán bemutatjuk az ELGI MK1-es szelvényének egyik, ún. pszeudoszelvényét, amely az elektromágneses természetes tér periódusának függvényében, azaz a tér behatolási mélységével arányosan a szelvény mentén a látszólagos fajlagos ellenállás ( $R_{ho}$ ) egyik szélsőértékének ( $R_{homin}$ ) változását ábrázolja  $R_{ho}$  értékek szerinti színkóddal. Két,  $1 \Omega m$ -nél kisebb fajlagos ellenállású jólvezető dike-ot mutat a pszeudoszelvény, közöttük pedig egy nagy ellenállású blokkot. A pszeudoszelvény szerkesztését követő adatfeldolgozási lépésben, az adatok (esetünkben 2-D) inverziója során a jólvezető dike mélységét 5-6 km-ben határoztuk meg. A pszeudoszelvény a törési síkot képviselő

jólvezető dike-nak két típusát jeleníti meg. A 23. számú pontnál a Balaton-felvidék alatt egy olyan törés van, amely feltehetőleg a felszínen is nyomozható, hiszen a jólvezető képződmény a legkisebb mért periódusoknál még meg is erősödik. A 30. számú pontnál a dike felett nagy ellenállású képződmények vannak, bár ez a dike is hosszan átmetszi a felette lévő karbonátos nagy ellenállású kőzeteket, de nem ér ki a felszínre. Ez a két, vertikális kiterjedésében különböző dike szemlélteti, hogy a 2. ábra vékony tektonikai vonalrendszere miért szaggatott: a mélybeni töréseknek csak egy töredéke mutatkozik meg a geológusok számára is észlelhetően a felszínen. Ezért olyan nagy behatolású elektromágneses szondázásokra van szükség, amelyek a mélybeni — felszínen rejtett —, de potenciálisan veszélyt hordozó tektonikát jelezni tudják. Az MT szondázás fő impedancia polárdiagramjai szélsőértékeikkel kijelölik a szerkezet csapás- és dőlésirányát. Nyilvánvalóan a kisebb látszólagos fajlagos ellenállás iránya jelzi a szerkezet csapását, amennyiben a dike feletti kéregrézsh inhomogenitása azt el nem torzítja.



3. ábra. Az ELGI és a GGKI (GGRI) által a Dunántúli Vezetőképesség-anomália területén mért magnetotellurikus (MT) szondázási pontok és két inverziós szelvény (TCA3 és TCAh<sub>1</sub>) vonala [ÁDÁM 2001b]

Fig. 3. MT measuring sites by ELGI and GGRI and two inversion profiles (TCA3 and TCAh<sub>1</sub>) [ÁDÁM 2001b]



4. ábra. Az MK1 jelű ELGI MT szelvény Rhomin értékeivel szerkesztett pseudoszelvény [ÁDÁM 2001b]

Fig. 4. Rhomin pseudosection of the MK1 magnetotelluric profile measured by ELGI [ÁDÁM 2001b]

ÁDÁM [2001b] az ELGI ÉNy–DK-i irányú magnetotellurikus szelvényeinek 2-D inverziójával három olyan hosszanti ~ÉK–DNy-i szerkezeti vonalat rajzolt ki a dike-ok sorozatával (5. ábra), amelyek — a 4. ábra esetében tapasztaltak szerint — a felszínen csak részben mutatkoznak meg, de megmutatkozhatnak. A 2. ábra szerint a felszínen észlelt vékony ÉK–DNy-i tektonikai vonalak a 3 dike-rendszer közelébe esnek. Az egyezés jónak mondható. Ezáltal a mélybeni törések jelenléte és a magnetotellurikus szondázások hatékonysága is bizonyítékot kapott a felszíni megfigyelésekkel.

## 2.2. Folyamatosak-e a törések (oldaleltolódások)?

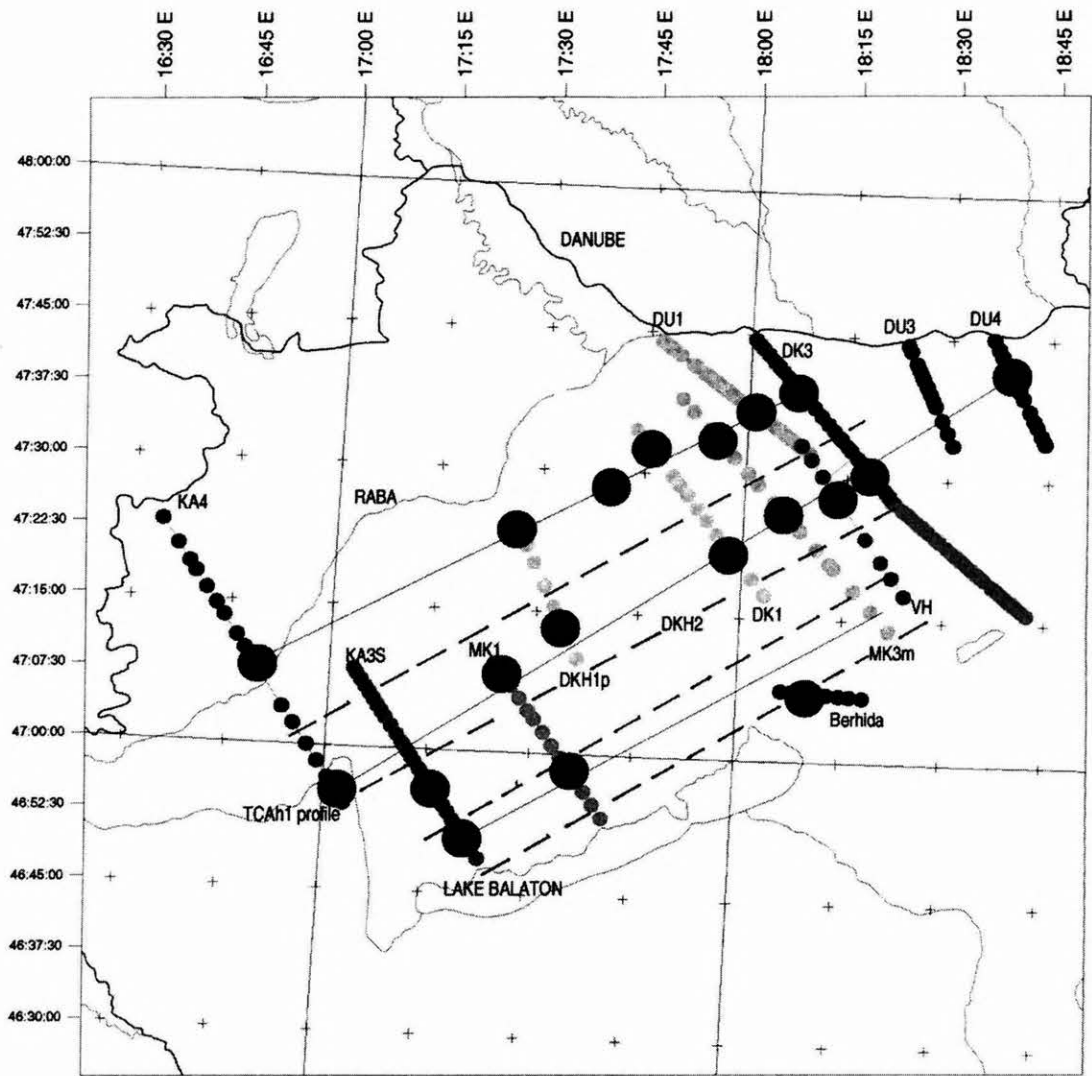
### Dike-ok a hossz- és haránttörések metszésében?

Kérdés, hogy a 5. ábrán a jólvezető dike-ok teljesen összefüggő rendszert alkotnak-e, vagy csupán egy hosszanti

törés mentén felsorakoznak és létrejöttükben jelentős szerepet játszanak a haránttörések, azaz a két alapvető törés-rendszer metszésében képződnek a dike-ok? A két törés-rendszer a GROOM, BAILEY [1989] dekompozíció csapás-irányjaival — különböző periódusokon — szerkesztett rózsadiagramokon (6. ábra) is észlelhető, bár az MT szondázási görbéken a dike-okat jelző csökkenő görbeágak közepén (~10 s) az ÉK–DNy-i csapás az uralkodó.

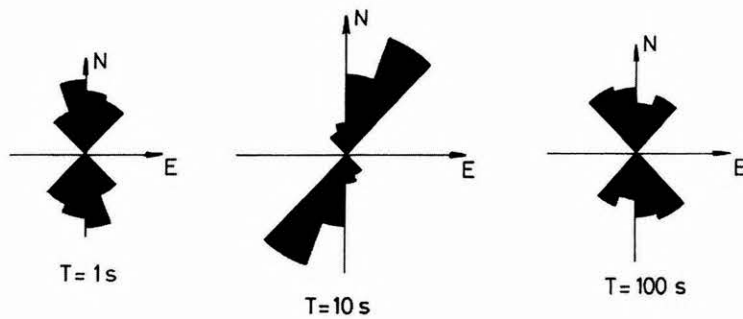
A dike-ok szétválása a hosszanti törés mentén csak valószínűsíthető egy nem teljesen szabályos 2-D inverzióval, amelyet az összes Rhomin értékkel végeztünk, függetlenül azok irányától, durván a 5. ábra középső törésvonala mentén, a GGKI adataival. A Rhomin értékek egy kisebb része nem a hosszanti, hanem a haránttörések irányába mutat. A dike-ok ezen inverziós ábrán valóban elkülönülnek (7a,b. ábra). Ezt az elkülönülést véljük felismerni az MT





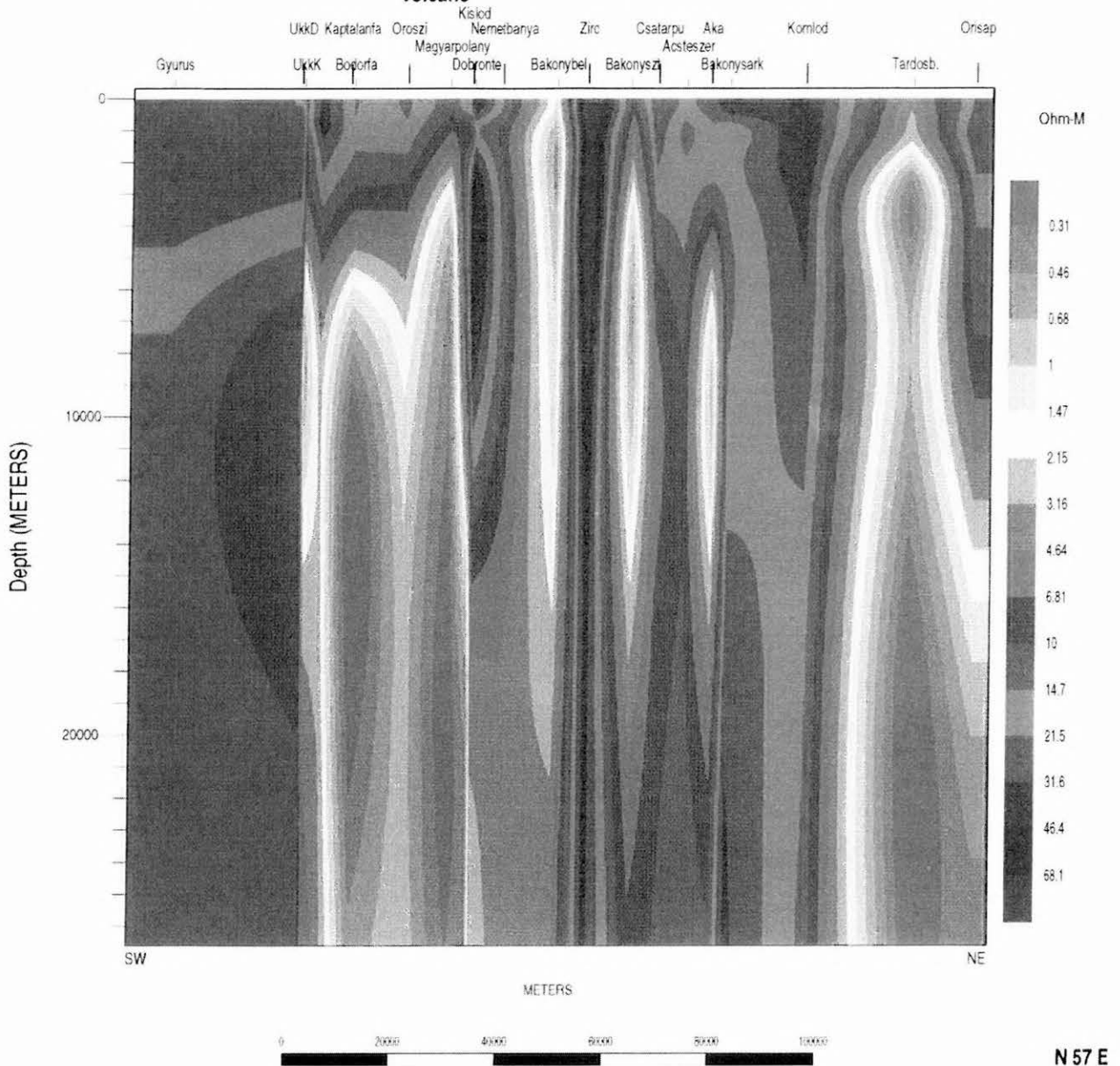
5. ábra. Jólvezető dike-ok (nagy pontok) sorozata ÉK–DNy-i oldaleltolódások mentén a Dunántúli Vezetőképesség-anomália területén az ELGI ÉNy–DK-i MT szelvényeinek (kis pontok) RRI inverziója alapján a regionális csapásirány-ba beforgatott és arra merőleges impedancia-értékekkel [ÁDÁM 2001b]. A szaggatott vonal a 9. ábrán látható anomális indukciós nyilakat határolja

Fig. 5. Conducting dikes (great dots) arranged along the NE–SW strike slips in the area of the Transdanubian Conductivity Anomaly. They have been calculated by the RRI joint inversion of the NW–SE basic MT profiles of ELGI (MT sites are small dots) with impedance values rotated to the regional strike NE–SW and to the dip direction [ÁDÁM 2001b]. The dashed lines limit the anomalous induction arrows in Fig. 9



6. ábra. Groom–Bailey dekompozícióval meghatározott csapásirányok rózsadiagramjai 1, 10 és 100 s-os periódusok esetében

Fig. 6. Rose diagrams of the strikes determined by Groom–Bailey decomposition at periods 1, 10 and 100 s



7a. ábra. A GGKI magnetotellurikus Rhomin értékeivel végzett RRI inverzió ÉK–DNY-i TCAh1 szelvény mentén (3. ábra): RRI inverzióval

Fig. 7a. RRI inversion of the magnetotelluric Rhomin sounding curves measured by GGRI along a profile NE–SW (See TCAh1 in Fig. 3)

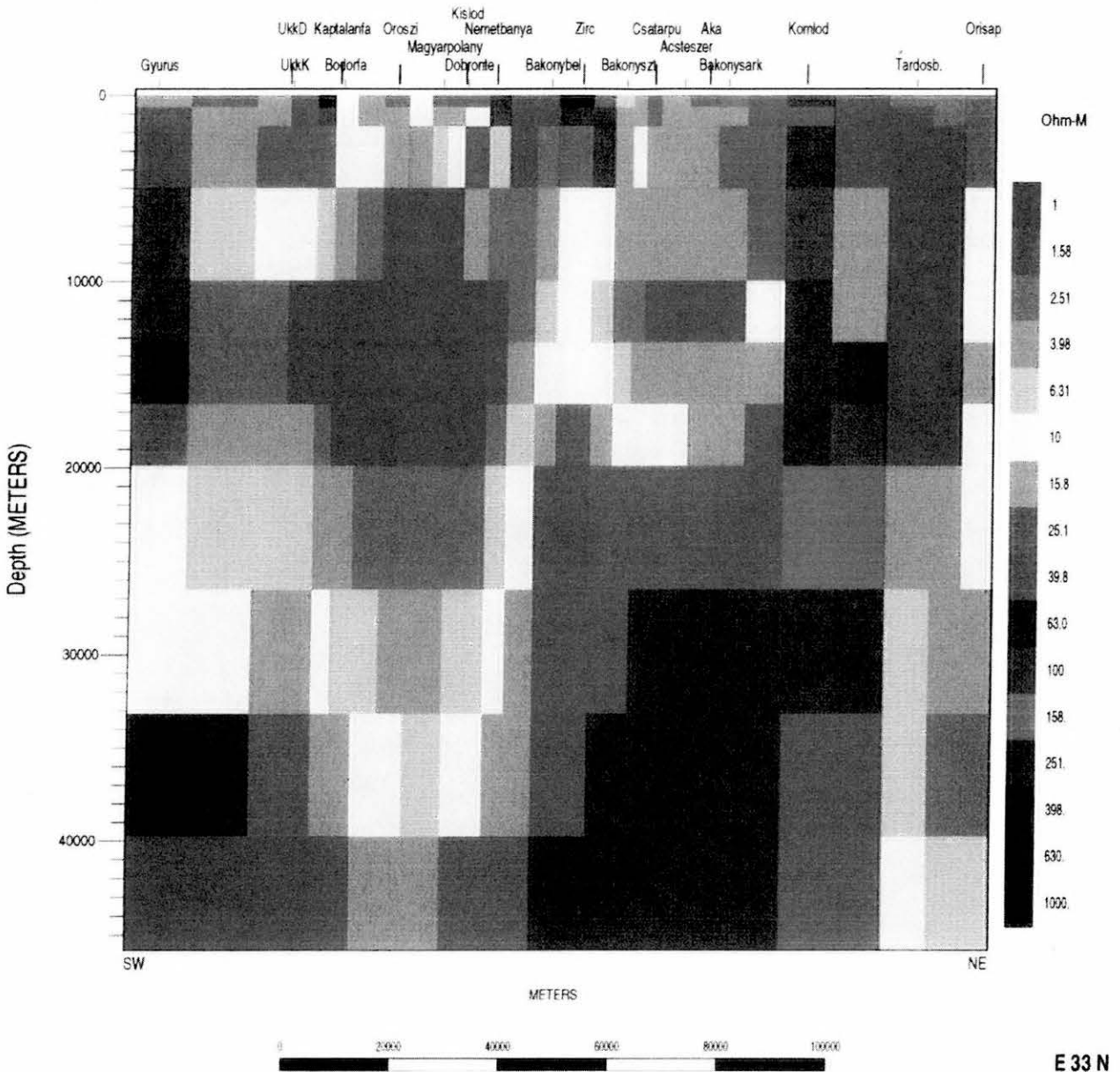
szondázási görbék jellegét és a jölvezető mélységét bemutató hagyományos ábrázolásunkon is [pl. ÁDÁM 1981], amelynél az E és H(B) polarizációs görbéken (TE és TM módus) észlelt csökkenő szakaszok szögét (a jölvezető képződmények indikációjának mértékét) egy-egy félkörön érzékeltettük. Ezen a térképen a jölvezetőnek a szomszédos pontokban észlelt fokozatos elmélyülése az E polarizációra jellemző oldalhatásra (8. ábra), és így a dike-ok elkülönülésére utal.

Az indukciós vektorok térképén két nagy sávot határolunk körül, amelyeken belül a vektorok uralkodó iránya DNY-i (9. ábra). Az északi sávban azonban megfigyelhető a vektorok elforgása, mint pl. Á (Ácsteszer) és P

(Porva) között a Bsz (Bakonyszentkirály) pontban. Ez ismét a dike-ok legalább egy részének különállását jelezheti. Hasonló tendencia a déli sávban nem tapasztalható.

### 2.3. Tellurikus és nagy S értékű MT anomáliák egyezése. A haránttörések szerepéről

Figyelemreméltó szétválasztást végzett MADARASI és VARGA [2000] a tellurikus horizontális vezetőképességet (S érték – conductance) ábrázoló térképen az üledék és a pretercier medencealjzatban lévő hatók S értéke között (10. ábra). Levonva az üledékre jellemző értékeket, olyan anomáliákat kaptak, amelyek jól összeegyeztethetők (korrelálhatók) az ÁDÁM [2001b]-féle dike-vonula-



7b. ábra. A GGKI magnetotellurikus Rhomin értékeivel végzett RRI inverzió ÉK–DNY-i TCAh1 szelvény mentén (3. ábra): Occam inverzióval

Fig. 7b. Occam inversion of the magnetotelluric Rhomin sounding curves measured by GGRI along a profile NE–SW (See TCAh1 in Fig. 3)

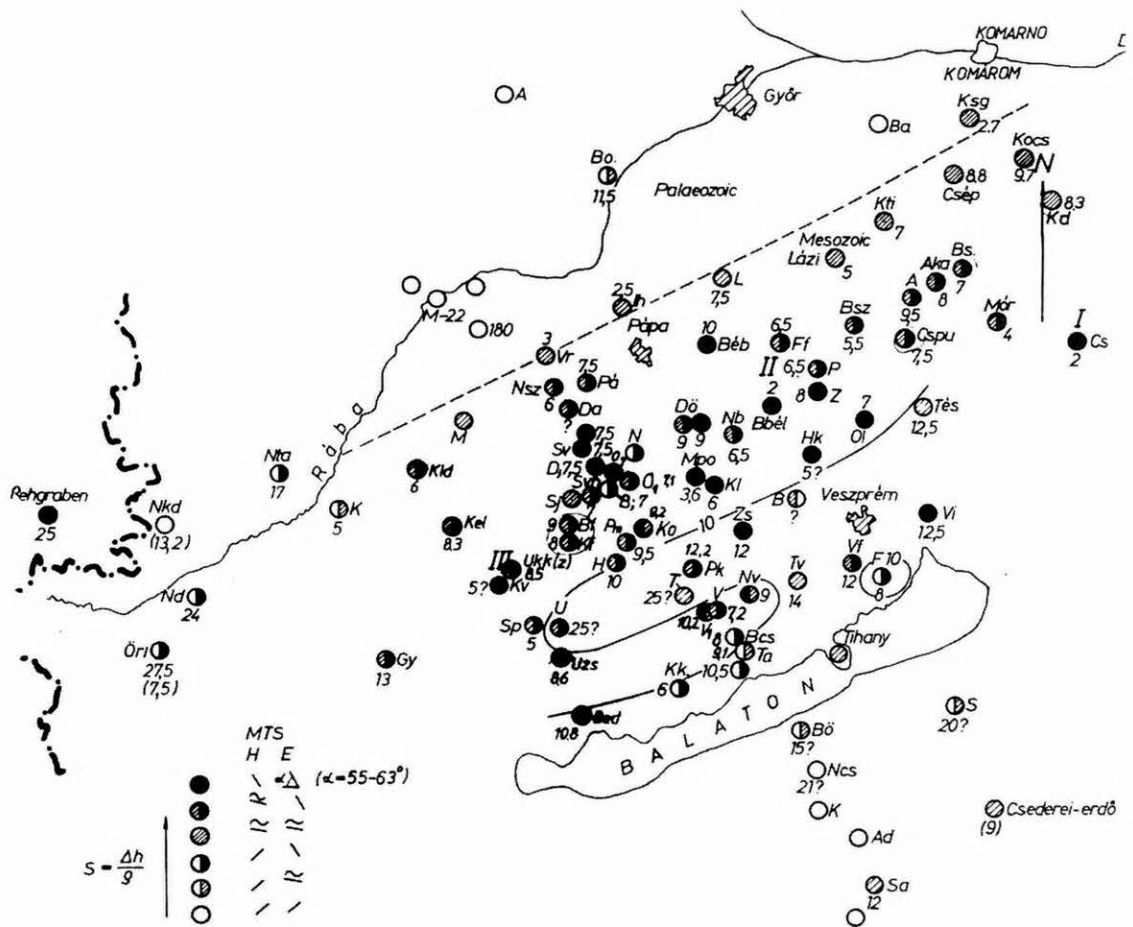
tokkal (5. ábra). Ezek közül a Rába-vonallal közel párhuzamosan futó anomáliák földtanilag a mezozoós és paleozoós kőzetek BALÁZS [1967]-féle térképen fúrásokkal igazolt, üledék alatti átmenetét reprezentálják, amely egy törési zónán keresztül történik [ÁDÁM 2001b 14. ábrája]. Ez az anomália durván három nagy egységre oszlik szét, amelyeket a tektonikai térképen (2. ábra) a transzverzális (ÉNy–DK-i) törések határolnak.

A 4. ábra középső dike-rendszerébe illeszkedik bele MADARASI és VARGA [2000] Nagygörbön észlelt és tellurikus ellipsziszekkel jól körülírt jólvezető anomáliája, továbbá az ÉK-en megjelenő igen töredékes, de jól elkülönülő nagy  $S$  értékű kis anomália folt.

A fenti, különálló jólvezető dike-ok arra utalhatnak,

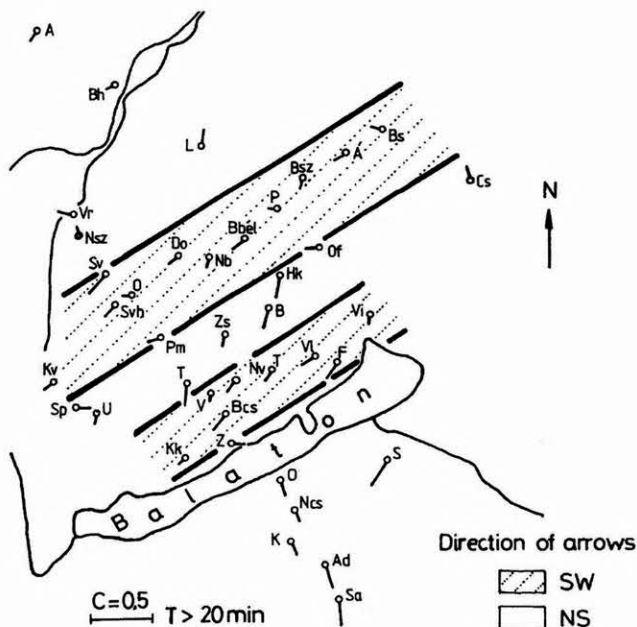
hogy a törések nem teljes hosszukban lazultak fel, utat nyitva a folyadéknak és a folyadék által szállított jólvezető anyagoknak (I. ÁDÁM, TÁTRAI [2002]-ben a bright spot-okat mint folyadék indikációt), elsősorban a paleozoós rétegből származó grafitnak (karbonnak), amely a nagy, esetenként 10 000 siemenst is meghaladó (csapásirányú) horizontális vezetőképességet okozza.

A grafit (karbon) akumulálódása a nyírási zónákban a bevezetőben említett kis törési szilárdságú fekete palák révén is történhet, amelyek a tektonikát megvezetik. Ugyanakkor azonban a dike-ok felsorakoznak a hosszanti törések, vagy éppen a haránttörések mentén. Ez utóbbi változat is elképzelhető.



8. ábra. A Dunántúli Vezetőképesség-anómia térképe. A körök a mérési helyeket jelzik és a mellettük lévő szám megadja a jólvezető réteg(?) 1-D inverzióval számított mélységét. A körök fedettsége a szondázási görbék jellegét mutatja külön az E és H(B) polarizáció esetére. (L. a szimbólumokat az ábra bal sarkán.) A teljesen befekéttített kör tökéletes vezetőre utal az aljzatban. Ekkor az MT görbe csökkenő ága  $\sim 55-63^\circ$ -os szöget ( $\alpha$ ) zár be a  $\sqrt{T}$  tengellyel (T-periódus)

Fig. 8. The map of the Transdanubian Conductivity Anomaly. The circles indicate the measuring sites and the numbers next to the circles give the depth to the conducting layer(?) calculated by 1-D inversion. The shading of the circles shows the character of the sounding curve separately for E and H(B) polarization (see the symbols below on the left corner). The totally black circle indicates perfect conductor in the basement. The angle ( $\alpha$ ) of the decreasing branch of the MT sounding curves is about  $55-63^\circ$  with the  $\sqrt{T}$  axis (T-period)



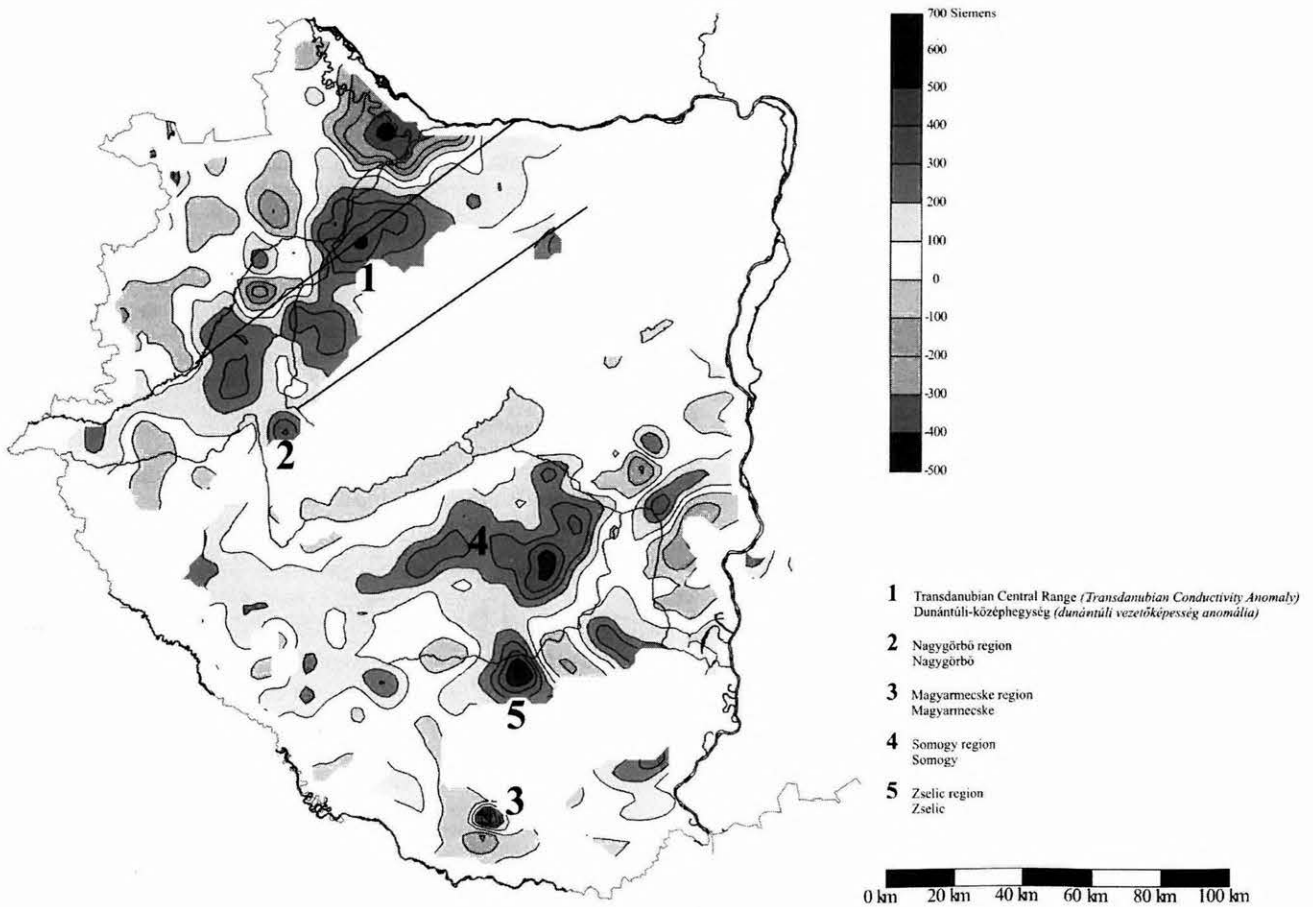
9. ábra. Indukciós (Wiese) vektorok a Dunántúli Vezetőképesség-anomálián

Fig. 9. Induction (Wiese) vectors in the area of the Transdanubian Conductivity Anomaly

### Összefoglalás

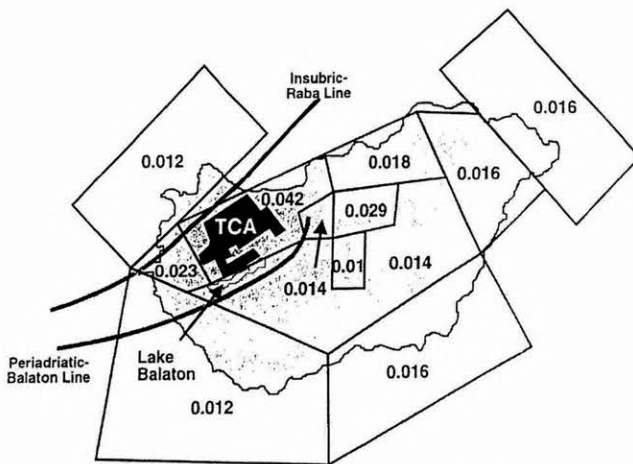
A Dunántúli Vezetőképesség-anómia egyik érdekes kérdését — grafit vagy folyadék okozza-e a vezetőképesség-növekedést a paleozoós képződmények mélységtartományában — egyik legutóbbi tanulmányunkban [ÁDÁM, TÁTRAI 2002] megkíséreltük elfogadható kompromisszummal lezárni(?). A fémek ásványok, pl. a pirit szerepe is tisztázandó még. A szeizmikus bright spotok, a reflexiók amplitúdó-növekedés a vezetőképesség anyag, a grafit szállításában a folyadék szerepére, a nagy, több ezer, sötét tizezer siemenst is meghaladó horizontális vezetőképesség-növekedés pedig a grafit (karbon) akkumulációjára utalhat a nyírási zónában.





10. ábra. Az üledékhatástól megszabadított — a pretercier medencealjzatra jellemző — horizontális vezetőképesség-anomáliák az ÉNy-Dunántúlon [MADARASI, VARGA 2000]. A két vékony vonal az 5. ábra északi és középső dike-rendszerét követi

Fig. 10. Difference between the telluric conductance and conductance of Cenozoic sediments [MADARASI, VARGA 2000]. The two thin lines correspond to the northern and middle dike-system in Fig. 5



11. ábra. Szeizmikus csillapítási értékek ( $\alpha = 10^{-3} \text{ km}^{-1}$ ) területi eloszlása a Pannon-medence területén ZSÍROS [1985] szerint

Fig. 11. Areal distribution of the seismic attenuation values ( $10^{-3} \text{ km}^{-1}$ ) in the Pannonian Basin according to ZSÍROS [1985]

A jólvezető dike-ok kialakulásában, azok rendszerbe állásában az ÉNy-Dunántúli jellegzetes hossz- és haránttöréseinek szerepe azonban még megválaszolásra vár(t). A

fenti írás erre kereste a bizonyítékokat, feltételezve a dike-ok kialakulásában a két törési rendszer metsződésének szerepét, de hangsúlyozva a dike-ok rendeződését is a hosszanti törések mentén (ÉK–DNy-i irányban, amint az az 5. ábrán látható).

Említettük a bevezetőben a japán kutatók legfrissebb vizsgálatai alapján a kéregben lévő képlékeny anyagok (folyadék, magma és grafit(?)) szerepét a nagy földrengések keletkezésében. ÉNy-Dunántúlon, a Pannon-medence egyik szeizmikusan aktív területén ezek a feltételek — folyadék, grafit (karbon) — adva vannak, amint az MT mérésekből ez nyilvánvalóvá vált. Ezt erősítik meg ZSÍROS [1985] szeizmikus csillapítási számításai, amelyek szerint a Dunántúli ÉNy-i részén a legnagyobb a szeizmikus csillapítás (11. ábra). Ezt MEISSNER [1986] formulája szerint feltehetően a kis viszkozitású folyadék/grafit jelenléte okozza.

## Köszönetnyilvánítás

A szerző köszöni a tanulmányhoz az OTKA T037694 projekt által nyújtott támogatást, valamint a szakmai lektorok tanácsait, főleg az ábrák jobbításában.

## HIVATKOZÁSOK

- ÁDÁM A. 1981: Statistische Zusammenhänge zwischen elektrischer Leitfähigkeitsverteilung und Bruchtektonik in Transdanubien (Westungarn). *Acta Geod. Geophys. Mont. Hung.* **16**, 97–113
- ÁDÁM A. 2001a: Report on the NATO Advanced Research Workshop „Deep electromagnetic soundings of the mantle around the Teisseyre-Tornquist Zone” held at Belsk, Poland, May 30–June 2, 2001. *Acta Geoph. Polonica* **49**, 517–521
- ÁDÁM A. 2001b: Relation of the graphite and fluid bearing conducting dikes to the tectonics and seismicity (Review on the Transdanubian crustal conductivity anomaly). *Earth Planets Space* **53**, 903–918
- ÁDÁM A, TÁTRAI M 2002: Segíthetnek-e szeizmikus amplitúdó-anomáliák a dunántúli elektromos vezetőképesség-anomália értelmezésében? *Magyar Geofizika* **42**, 3, 103–111
- BALÁZS E. 1967: A Kisalföld Ny-i részének aljzatában lévő paleozoós képződmények közeteinek elemzése. Kőolaj- és Földgázbányászat Tud. Közl. **38**, 265–277
- BULENT TANK S., HONKURA Y., OGAWA Y., KEMAL M., CELIK C., TOLAK E. 2002: Magnetotelluric imaging of western part of the North Anatolian Fault Zone. Program and Abstracts, the 16th Workshop on EM Induction in the Earth, Santa Fe, June 16–22, EM-6-49
- DANK V., FÜLÖP J. (Eds) 1986: Magyarország tektonikai térképe 1:500 000 méretarányban. MÁFI adattár
- GROOM R. W., BAILEY R. C. 1989: Decomposition of magnetotelluric impedance tensors in the presence of local three dimensional galvanic distortion. *J. Geophys. Res.* **94**, 1913–1925
- HAAK V. 2001: Magnetotelluric studies of lithospheric shear zones. Abstract volume of the NATO Advanced Research Workshop Belsk, May 30–June, p. 10
- HJELT S. E. 1990: Report on the 10th EM Induction Workshop, Ensenada, August 22–29. Manuscript
- MADARASI A., VARGA G. 2000: Separation of the young sediments’ and pre-Tertiary formations’ conductance. *Geophys. Trans.* **43**, 3–4, 257–262
- MEISSNER R. 1986: The continental crust. A geophysical approach, *International Geophysics Series* **34**, Academic Press, New York
- OLHOEFT G. R. 1981: Electrical properties of granite with implications for lower crust. *J. Geophys. Res.* **86**, 931–936
- ZHAO D., MISHRA O. P., SANDA R. 2002: Influence of fluids and magma on the earthquakes: seismological evidence. *Phys. Earth. Planet. Inter.* **132**, 249–267
- ZSÍROS T. 1985: An estimation of seismic hazard in Hungary. *Gerlands Beitr. Geophys.* **94**, 111–122