

SZAKCIKKEK

A Balaton üledékeinek paleomágneses mérése <i>Márton Péter</i>	49
Tündérrózsák és a gravitációs tér?! <i>Kiss János, Szalma Elemér</i>	56
Az árapály és a dagállysúrlódás nagyságrendjének áttekintése <i>Ónodi Tibor</i>	70

HÍREK, BESZÁMOLÓK

Felhívás az SPWLA Budapest Chapter működésének és aktivitásának megújítására — Látogatás a Paksi Atomerőműben — A Pro Geophysica 2006. évi kitüntetettjei	74
---	----

IN MEMORIAM

Zsitvay Szilárd	80
-----------------------	----

48. évfolyam 2. szám



2007

Lapunk megjelenését támogatja a



Magyar Olaj- és Gázipari
Nyilvánosan Működő
Részvénytársaság

CONTENTS

Geophysical Papers

Palaeomagnetism of the sediments of Lake Balaton <i>P. Márton</i>	49
Water lilies and the gravity field <i>J. Kiss, E. Szalma</i>	56
Earth–Moon system and quantity of tidal friction <i>T. Ónodi</i>	70
News and Reports	74
In Memoriam	
Szilárd Zsitvay.....	80

A szerkesztőség a szakcikkekét szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsora az évről évről kötetben jelenik meg.
A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességéért, ill. közölhetőségéért a felelősséget kizárólag a szerzők viselik.

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.
Telefon: (1) 252 4999
Felelős kiadó: dr. Fancsik Tamás igazgató
Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász Péter

• • •

Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél: 1371 Budapest, Pf. 433, tel.: (1) 201 9815,
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében. Megjelenik évente négyszer

Index: 26 507

A Balaton üledékeinek paleomágneses mérése¹

MÁRTON PÉTER²

A Balaton iszapjából vett két fúrómag mágneses tulajdonságait vizsgáltuk abból a szempontból, hogy az iszap remanenciája felhasználható-e a helyi földmágneses térirány holocén folyamán bekövetkezett változásainak nyomon követésére. A remanenciát hordozó ásványokat mágneses ásványtani módszerekkel azonosítottuk. A földmágnesség irányító hatására létrejött remanencia komponenseket váltóterű lemágnesezéssel előállított lemágnesezési görbék analízisével határoztuk meg. Azt találtuk, hogy — noha ezeknek a komponensek az átlag-irányai statisztikusan megegyeznek a helyi földmágneses tér holocénre vonatkozó átlagirányával — a finomabb részletek, vagyis a térirány időbeli változásai, az ún. évszázados változás az individuális irányok sorozatából nem ismerhető fel.

P. MÁRTON: Palaeomagnetism of the sediments of Lake Balaton

We tested the remanence of two short sediment cores of Holocene age from Lake Balaton for the secular variation of the geomagnetic field. IRM runs and S-ratio values point to a ferrimagnetic phase (magnetite, maghemite) as the dominant magnetic mineral present in the sediment. On the Wohlfarth–Cisowski test the behaviour is interacting single domain but there is an abundance of superparamagnetic particles as well as shown by the high degree of viscosity on AF-demagnetisation. Combined with linearity analysis the latter was applied to separate and identify those remanence components which were thought to have been imprinted by the geomagnetic field. After disposing of the severly outlying remanence directions, the mean direction in both cores agrees well with the local direction of the axial dipole field but the individual directions do not seem to follow any regular course expected for the secular variation.

Bevezetés

A helyi földmágneses tér időbeli (pontosabban évszázados léptékű) változásainak megismerésére az archeomágneses mérések szolgálnak, legalábbis arra a néhány ezer évre visszamenőleg, amelyekből napvilágra kerül(het)nek emberi kultúrák által hátrahagyott, keltezhető égett, illetve égetett agyag objektumok maradványai. Kissé távolabbi időkre, pl. a holocén egészére vonatkozóan a recens tavi üledékek paleomágneses vizsgálatával kaphatunk adatokat az évszázados mágneses változásra. A tavi paleomágnesség az ún. ülepedési (pontosabban az ülepedés utáni) mágnesezettségen alapszik. Ez a mágnesezettség az iszapban lévő mágneses ásványszemcsékhez kötődik, amelyek az üledékképződés folyamán momentumaikkal a földmágneses tér irányába rendeződve, az üledéknek a földmágnességgel azonos irányú mágnesezettséget kölcsönöznek, amelyet az hosszú időn át megőrizhet (feltéve, hogy a mágneses ásványok a későbbiekben nem alakultak át, és a bezáró üledék a mágnesezettség blokkolódása után zavartalan állapotban maradt). Az elmúlt mintegy harminc évben meglehetősen sok idevágó eredmény született, amelyek egy része magára az évszázados változásra, pl. [CREER 1985; FRANK, SCHWAB, NEGEDANK 2002], más része a tavi környezetre jellemző mágneses és egyéb vastartalmú ásványok keletkezésére és átalakulásaira vonatkozik, pl. [JELINOWSKA, TUCHOLKA, WIECKOWSKI 1997; SPADINI et al. 2003].

A Balaton sekély vízü, időszakos lefolyással bíró tó, messze nem ideális környezet zavartalan üledék felhalmozására. Ugyanakkor az eddig elvégzett közvetlen (fúrások) és közvetett (szeizmikus) vizsgálatok alapján az üledék-

gyűjtőben a holocén folyamán átlagosan mintegy öt méter vastagságú, finomszemű, szeizmikusan vízszintes rétegződéssel jelentkező, makroszkóposan zavartalannak tűnő üledék halmozódott fel, amelynek paleomágneses vizsgálatára most először került sor. Ehhez két fúrómag anyagát használtuk fel. Az egyiket a Balaton Ny-i medencéjében (Balatonlelle-4), a másikat a K-i medencéjében (Szabadi-11) vettük, a BARABÁS, SURÁNYI [2007] hivatkozásban leírt eszközökkel és módon.

Mágneses ásványtani vizsgálatok

A balatoni holocén üledék felfelé növekvő karbonát-tartalmú mésziszap, több-kevesebb finomszemű törmelékes elegyrésszel (aleurolit, homok, agyag) [BARABÁS, SURÁNYI 2007]. Mágneses ásványok törmelékek bemosása által vagy a hulló porból kerülhettek az üledékbe, illetve a tóban a víz–iszap határon jelenleg is élő mágneses baktériumok [PÓSFAL, ARATÓ 2000] által előállított magnetoszómák beépülése útján, valamint új mágneses fázisokat eredményező kémiai folyamatok eredményeképpen.

A Balaton üledékeiben várhatóan előforduló mágneses ásványok a magnetit és annak kis hőmérsékleten oxidált változata, a maghemit. Mindkét ásvány ferrimágneses és mind szuperparamágneses (SP) (szem nagyság < 0,03 μm), mind stabil egyszemű (SSD) (szem nagyság 0,03 – 0,2 μm), mind pedig többszemű (MD) (szem nagyság > 0,2 μm) méretben megjelenhet. Esetenként, alárendelt mennyiségben antiferromágneses hematit és goethit is várható. Az alább részletezett mágneses vizsgálatok célja az üledék mágneses ásványainak megismerése volt.

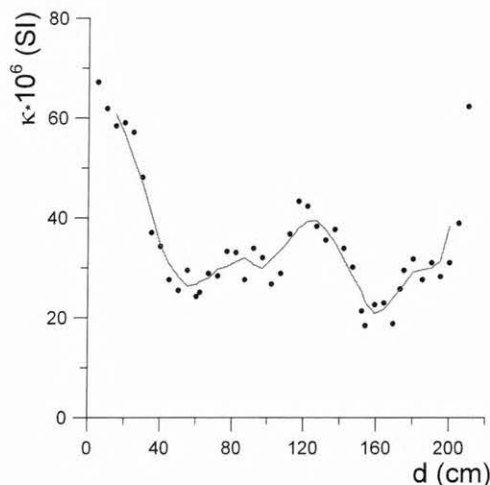
Mágneses szuszceptibilitás

A paleomágneses mérésekre kiválasztott két mag mágneses szuszceptibilitását először a Bartington MS2 mérő-

¹ Beérkezett: 2007. május 22-én

² ELTE Geofizikai Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c. E-mail: martonp@ludens.elte.hu

eszközének fúróságok közvetlen mérésére alkalmas MS2C szondájával [DEARING 1999] határoztuk meg, a mag mentén 2 cm-es lépésközzel haladva. A Szabadi-11 mag holocén korú szakaszán mért értékeket az 1. ábra mutatja be.



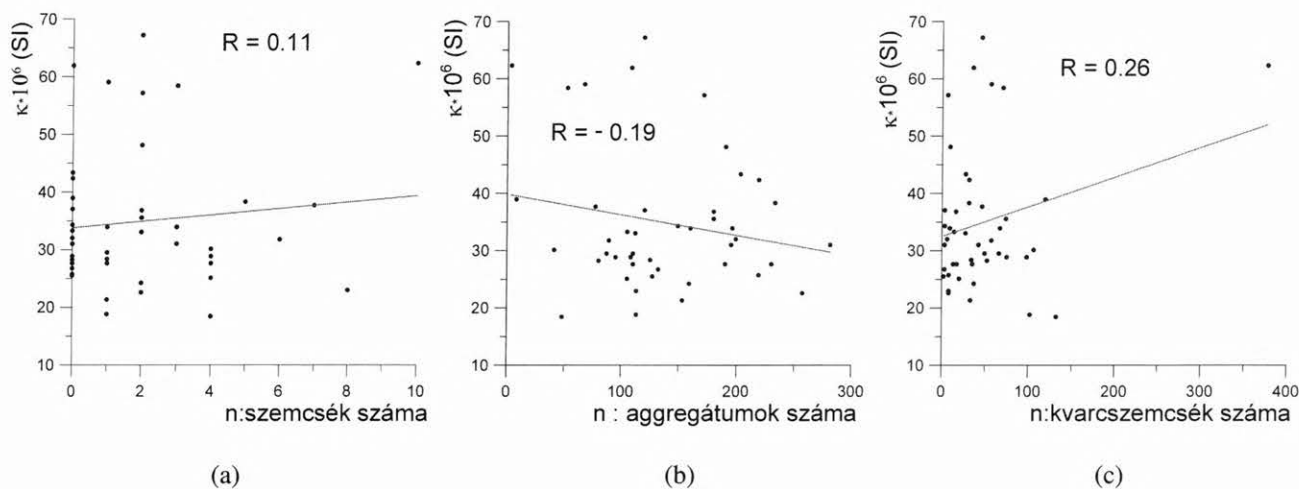
1. ábra. A mágneses szuszeptibilitás (κ) eloszlása a Szabadi-11 mag holocén korú szakaszán a mélység (d) függvényében. Pontok: 5 cm-es átlagértékek, folytonos vonal: 5 pontos futó átlag

Fig. 1. Susceptibility (κ) vs. depth (d) for the Holocene segment of the Szabadi-11 core. Dots: 5 cm averages, continuous line: 5 point running averages

Noha a mért szuszeptibilitásokban általában az üledék összes alkotójának hatása tükröződik, a szuszeptibilitást alapvetően a ferrimágneses ásványok mennyisége szabályozza. Ezen belül is az SP méretű szemcsék szuszeptibilitást alakító hatása kb. kétszerese a nagyobb szemcsék hatásának. Az SP tartományba eső szemcsék szuszeptibilitása frekvenciafüggő, azaz két különböző, egy kisebb és

egy nagyobb frekvencián elvégzett mérés alapján a szuszeptibilitás SP járuléka elvileg meghatározható lenne, ha a kisebb frekvencián mért szuszeptibilitás egy adott küszöb értéket meghaladna, ami a rendelkezésünkre álló Barington MS2B esetén sajnos, nagyobb, mint a holocénkorú üledékekben mérhető szuszeptibilitások. Bár az SP méretű szemcsék részarányát szuszeptibilitás mérésével nem tudtuk megbecsülni, jelenlétük az üledékekben a paleomágneses mérések folyamán szinte mindig tapasztalt mágneses viszkózitásból nyilvánvaló.

Az üledék mágneses ásványainak azonosítása céljából összevetettük a Szabadi-11 mag mikromineralógiai [BARABÁS, SURÁNYI 2007] és mágneses szuszeptibilitás (1. ábra) adatait. A mag holocénkorú szakaszára (0 – 2,1 m) szorítkozva megállapítható, hogy az adott szemmagyság tartományban és vizsgálati eljárás mellett egyetlen mágnesesnek tekinthető ásványt, a vas-oxi-hidroxidot lehetett azonosítani, noha ennek fajlagos szuszeptibilitása nem haladja meg a közönséges paramágneses ásványok (olivin, sziderit, piroxén, amfibol, klorit stb.) szuszeptibilitását [DEARING 1999, Table 2.2]. Valóban, a szuszeptibilitást a vas-oxi-hidroxid tartalom függvényében mutató 2.a ábrából világosan kivehető, hogy a két mennyiség között semmilyen kapcsolat nem létezik. Egyéb, ásványtanilag meghatározott mágneses ásvány híján a mágneses tulajdonságok hordozói az alkalmazott ásványtani módszer felbontóképességén kívül eső, szubmikroszkopikus méretű ferrimágneses ásványok (magnetit, maghemit) lehetnek. Arra nézve, hogy ezek kötődnek-e pl. az ásványtanilag azonosított agyag-aggregátumokhoz, a 2.b ábra alapján negatív válasz adható (hasonló a helyzet a kvarc esetén is, 1. 2.c ábra). Ellenkező esetben ui. a szuszeptibilitásnak szignifikánsan növekednie kellene az aggregátumok (illetve a kvarcsemmcsék) számával, minthogy a szuszeptibilitás lényegében a ferrimágneses ásványtartalomnak a függvénye.

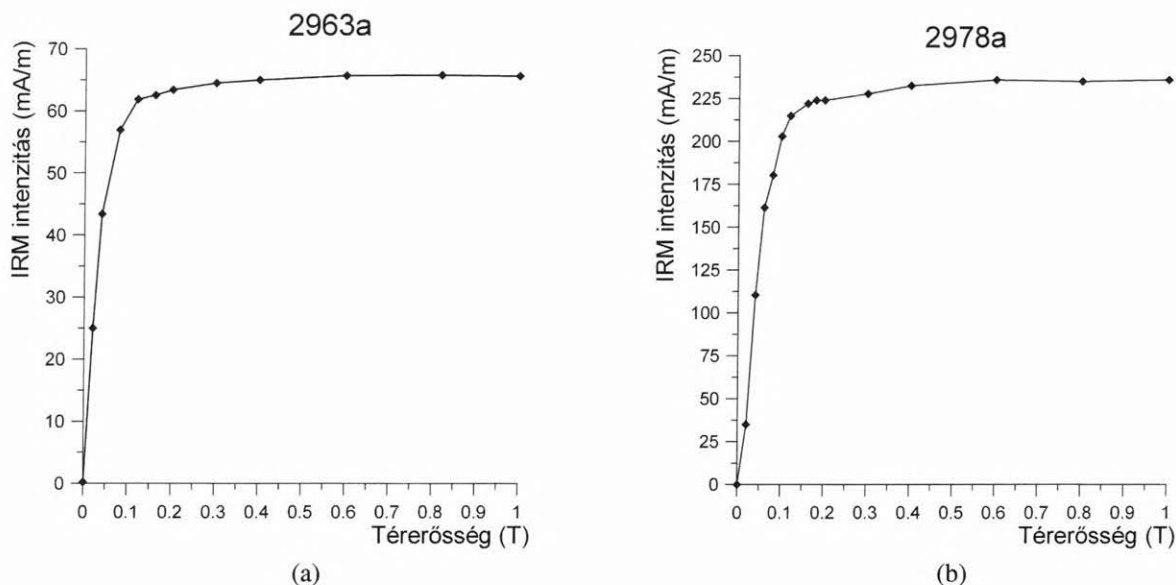


2. ábra. A Szabadi-11 mag holocén korú szakaszán vett mintákban a szuszeptibilitás nem korrelál sem a vas-oxi-hidroxid szemcsék (a), sem az iszapaggregátumok (b), sem a kvarcsemmcsék (c) számával (n). R : korrelációs együttható

Fig. 2. Susceptibility (κ) of the samples from the Holocene segment of the Szabadi-11 core showing practically no correlation with the number of grains of either the iron-oxihydroxide (a), or the mud aggregates (b), or the quartz (c). R : correlation coefficient, n : number of grains of iron-oxi-hydroxide, mud aggregates and quartz, respectively

Kiválasztott mintákon izotermikus felmágnesezést végeztünk, amelynek során a mintát fokozatosan nagyobb intenzitású mágneses térben mágneseztük, és minden felmágnesezés után mértük a felvett izotermikus remanens mágnesezettséget (IRM). A kísérlet a mágnesező tér függvényében egy darabig növekvő IRM-et eredményez, majd egy bizonyos, ásványtól függő felmágnesezés után az IRM telítésbe megy (SIRM). Minthogy az SP fázis nem hordoz remanenciát, az IRM görbe ennek mennyiségétől független. A mérési anyagból kiválasztott két reprezentatív IRM görbét a 3. ábrán mutatjuk be. A 3.a ábra görbéje a

Balatonlelle-4 fúrást reprezentálja. Az IRM kis terekben viszonylag meredeken növekszik, 0,2 T-nál eléri a telítési érték 96% át, ami domináns ferrimágneses fázist indikál, míg a görbe további lassú, mindössze 4%-nyi emelkedése alárendelten jelenlévő antiferromágneses ásványnak, valószínűleg hematitnak köszönhető (ui. a goethit még további emelkedést okozna). A 3.b ábra görbéje a Szabadi-11 fúrómagmintákra jellemző. Az IRM görbe kezdeti lassabb emelkedése (l. még a 4.a és a 4.b ábrákat is) egydomenű ferrimágneses viselkedés, csakúgy mint az, hogy az IRM 0,2 és 0,3 T között telítés közelbe kerül.



3. ábra. Reprezentatív IRM görbék. a: Balatonlelle-4 mag, b: Szabadi-11 mag

Fig. 3. IRM acquisition curves characteristic of the cores of Balatonlelle-4 (a), and Szabadi-11 (b)

Az S-hányados (-IRM₃₀₀/SIRM) mérések (először telítésig mágnesezzük a mintát, SIRM, majd fordított térben 300 mT-n, IRM₃₀₀) mindkét fúrás vizsgált mintáiban 0,96–0,97 értékeket adtak, aláhúzva ezzel a kis koercitív erejű ferrimágneses fázis dominanciáját.

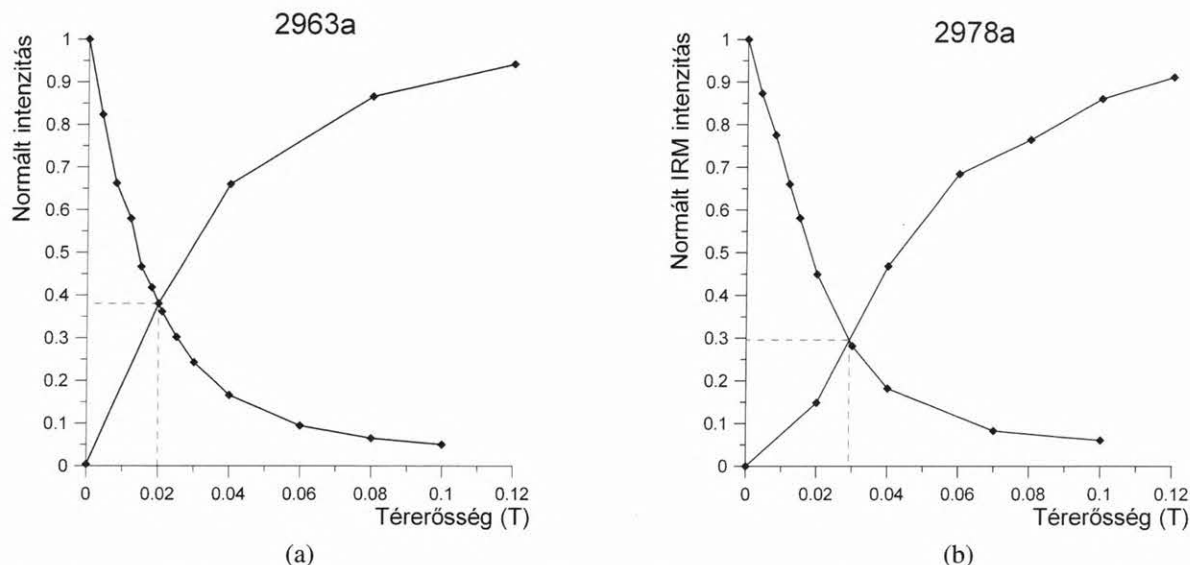
A Wohlfarth–Cisowski teszt az egydomenű ferrimágneses szemcsék közötti kölcsönhatás kimutatására alkalmas. Ennek során az izotermikus telítésig felmágnesezett mintát fokozatosan növekvő csúcsértékű váltakozó mágneses térben lemágnesezzük. A fel- és lemágnesezési görbéket a SIRM-mel normált diagramon ábrázoljuk (4. ábra). Egydomenű kölcsönhatás mentes esetben a fel- és lemágnesezési görbék szimmetrikusak, és a remanens koercitív erő (B_{CR}) értékénél metszik egymást. Kölcsönható egydomenű szemcsék esetén a görbék aszimmetrikussá válnak, a metszés továbbra is jó közelítéssel B_{CR}-nél van. A többdomenű szemcsék, amint láttuk, könnyebben mágneseződnek a kis terekben, és kisebb terekben mennek telítésbe, mint az egydomenűek. A 4.a ábra a Balatonlelle-4 fúrás anyagára jellemző. A vonatkozó diagram az antiferromágneses szemcsék jelenléte által kissé módosított többdomenű viselkedést mutat, így B_{CR} értéke is a többdomenű szemcsékre jellemző 10 mT helyett 20 mT-nak adódott. A 4.b ábra a Szabadi-11 fúrás anyagát reprezentálja. A görbék pontosan megfelelnek az egydomenű, egymással köl-

csönhatásban lévő szemcséket tartalmazó üledéknek. További 11 mintát teszteltünk a mag mentén. Az ordináta metszetek 0,25 és 0,35 közé, az abszcissa metszetek, azaz a közelítő B_{CR} értékek 28 és 37 mT közé estek.

A fenti vizsgálatok szerint a Balatonlelle-4 fúrás üledékének fő remanencia hordozó mágneses ásványa az SSD méretet meghaladó szemmagyságú törmelékes magnetit (maghemit) lehet. A Szabadi-11 fúrással harántolt üledékben talált ásvány szintén magnetit lehet, de ennek a magnetitnek mind a szemmagysága, mind az eredete különbözik az előzőekben leírttól. A szemmagyságra az SSD mérettartomány adódott, az eredetet illetően pedig először bakteriális működésre gondoltunk, hiszen a szemcsék között erős mágneses kölcsönhatás mutatkozik, ami természetes a mágneses baktériumok által „gyártott” magnetitláncok (magnetoszómák), illetve aggregátumok esetében. Tudomásunk szerint azonban az eddig elvégzett egyetlen kísérlet magnetoszómák kimutatására a balatoni üledékből negatív eredménnyel zárult [PÓSFÁI 2006], úgyhogy a mágneses ásványok bakteriális eredetűre vonatkozó elképzelést egyelőre fel kell adni. Elképzelhető, hogy ha eredetileg voltak is magnetoszómák az iszapban, azok a változó kémiai környezetben más vastartalmú ásványokkal együtt feloldódhattak és az oldatból többek között új ferrimágneses fázisok is kristályosodhattak, amelyek egyrészt SSD méretű kölcsönható

szemcséket, másrészt ennél kisebb, SP méretű kriptokristályokat eredményeztek (utóbbiak mindkét vizsgált magra jellemzők). Hasonló eredménye (magnetit, maghemit, hematit) lehetett a mészsizapból közvetlenül kicsapódó vaskar-

bonát oxidációjának is. A két fúrás magnetitjei valószínűleg azért különböznek egymástól, mert a K-i medence üledékgyűjtőjének közepére (Szabadi-11 fúrás helye) már nem jutnak el törmelékeny eredetű mágneses ásványok.



4. ábra. Jellemző IRM fel-, és AF-lemágnesezési görbék (Wohlfarth-Cisowski teszt). a: Balatonlelle-4 mag, b: Szabadi-11 mag

Fig. 4. Representative IRM and AF-demagnetisation curves (Wohlfarth-Cisowski test) for the cores of Balatonlelle-4 (a), and Szabadi-11 (b)

Paleomágneses mérések

1 mm falvastagságú, 25 mm átmérőjű és 22 mm magaságú, víztiszta plexiből készített hüvelyeket szűrtünk be a magok hossz tengelyére merőlegesen, átlagosan 5 cm-enként, egy-egy magdarabon belül azonos orientációban. Első kísérletről lévén szó, nem törekedtünk nagyobb mintasűrűsége. Az üledékkel telt hüvelyeket ugyancsak plexiből készült, azonos vastagságú és átmérőjű lapokkal zártuk le, ami biztosította az eredetihez közeli nedves állapotot a mérések idejére.

Az így előkészített minták mágneszettségét JR-4 típusú magnetométerrel mértük. A kezdeti mágneszettség leérése után váltakozó terű mágneses tisztítást alkalmaztunk a mágneszettség analízise céljából. A mágneses tisztítást, a lemágnesező tér amplitúdóját fokozatosan növelve, több lépésben végeztük. Ennek során lehetőleg teljes lemágnesezésre törekedtünk (általában a kezdeti mágneszettség 90%-ának eltűnéséig folytattuk a lemágnesezést). A mágneszettség-méréseket jelentősen lelassította a minták mágneszettségének viszkózus viselkedése (bizonyos mágneszettségi komponens időbeli lecsengése), ami legtöbbször már a kezdeti mágneszettség leérésekor és a lemágnesezési lépéseket követően is végig jelentkezett. A viszkozitást az SP mérettartományba eső ferrimágneses szemcsék okozzák, amelyek könnyen mágnesesződnek a mindenkori, pillanatnyi mágneses tér irányába, majd (a mérés ideje alatt) nulla térbe kerülve, ezt az ún. viszkózus mágneszettséget hosszabb-rövidebb idő alatt elvesztik. A mágneses tisztítás végeredménye az ún. lemágnesezési görbe, amelynek analízisével (a lineáris szakaszokhoz tartozó mágneszettségi irányok meghatározásával), illetve értelmezésével állapítható meg a mért minta „eredeti” mágneszettsége. A

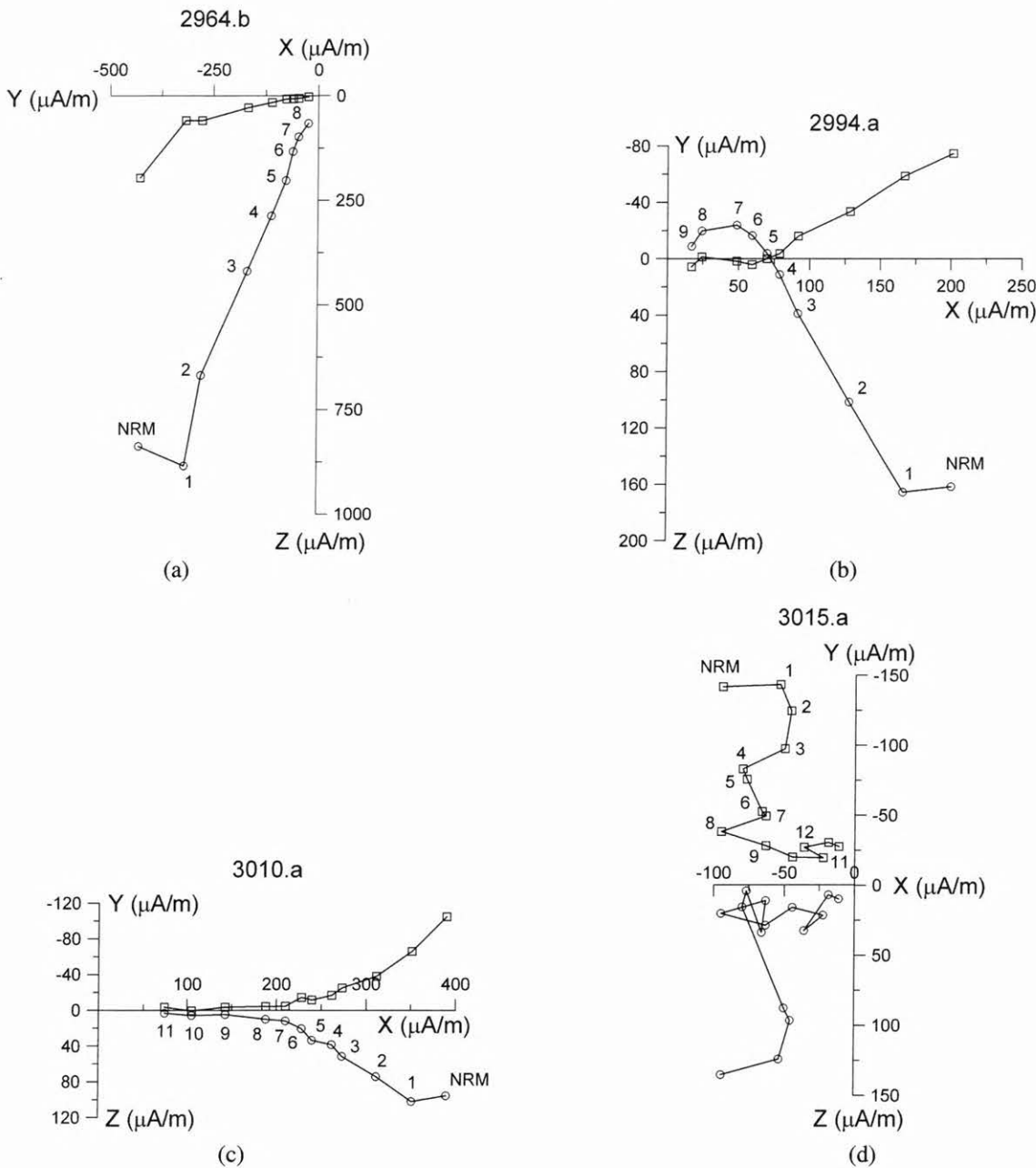
lemágnesezési viselkedés alapján a minták különböző csoportokba sorolhatók be (5. ábra). Az első egy-két lemágnesezési lépéstől eltekintve (amellyel valószínűleg az ún. tárolási komponens lehet eltávolítani), vannak 1) egyetlen remanencia komponensű minták (5.a ábra), 2) két remanencia komponensű minták (5.b ábra), amelyekben a kettő közül általában a kisebb terekben távozó (lemágneseződő) komponens a domináns és többé-kevésbé konzisztens (azaz hasonló irányú), 3) két remanencia komponensű minták, az első csökkent, a második zérushoz közeli inklinációval (5.c ábra) és 4) többkomponensű, illetve „zajos” minták, amelyekben egyetlen komponens sem különíthető el megnyugtatóan (5.d ábra). A Balatonlelle-4 fúrás mintáinak 1/3-a az 1), közel 2/3-a a 2) lemágnesezési csoportba esik. A Szabadi-11 minták közül az 1) csoportba mindössze egy esik, legtöbbjük a 2) és 3) csoportba sorolható, és viszonylag sok a hasznosíthatatlan minta (4) csoport).

A mérési eredmények értelmezése és következtetések

A mágneses tisztítással elkülönített mágneszettségi komponensek értelmezésének céljából tekintsük át a földi mágneses tér várható átlagos irányát a holocén folyamán. Minthogy a tér ilyen hosszúságú idő átlagában centrikus axiális dipólus terével azonosítható, az átlagos térirány ennek helyi iránya lesz, ami nulla deklinációjú és 65 fokos inklinációjú. Ezt a tér évszázados változása időről időre valamelyest módosítja. A változás várható nagyságára az archeomágneses irányok adnak tájékoztatást [MÁRTON 2003]. Az elmúlt mintegy 2000 évben az archeomágneses irányok folytonosan változtak, a dekliná-

ció mínusz 20 fok és plusz 30 fok között, az inklináció pedig 54 fok és 74 fok között vett fel értékeket. Az irányok száz éves átlagainak középiránya pedig (1. táblázat)

statisztikailag azonosnak mutatkozik az axiális dipóltér helyi irányával már a holocén hosszának mindössze 1/5-ével egyenlő időtartamra is.



5. ábra. Változó terű tisztítással feltárt tipikus lemágnesezési viselkedések. *a*: egykomponensű mágnesezettség, *b* és *c*: kétkomponensű mágnesezettség, *d*: zajos lemágnesezési görbe. NRM: kezdeti mágnesezettség. Lemágnesezési lépések *a*-ban: 1-8 (40, 80, 120, 150, 180, 220, 250, 300 oe), *b*-ben: 1-9 (ua. mint *a*-ban, a 9. lépés 400 oe), *c*-ben: (1-9 ua. mint *b*-ben, a továbbiak 500 és 600 oe), *d*-ben: (1-10 ua. mint *c*-ben, a továbbiak 700, 800 és 900 oe)

Fig. 5. Typical behaviours on AF-demagnetisation. *a*: single component magnetisation, *b* and *c*: two component magnetisations, and *d*: noisy demagnetisation curve. Demagnetisation steps in *a*: 1-8 (40, 80, 120, 150, 180, 220, 250 and 300 oe), in *b*: 1-9 (same as in *a* plus 400 oe), in *c*: (same as in *b* plus 500 and 600 oe), *d*: (same as in *c* plus 700, 800 and 900 oe)

A következő két táblázatban a mágneses tisztítással izolált irányok átlagait számítottuk ki, a kiugró adatok elhagyása után azokra a magszegmensekre, amelyekből azonos orientációban történt a mintavétel. Kiugró adatoknak tekintettük az N_0 számú adatból számított átlagirány köré vont $3\alpha_{95}$ sugarú körön kívül eső irányokat, amelyek száma soronként $N_0 - N$ volt. Feltéve, hogy az átlagos deklinációk

a magszakaszok azimutális orientátlanságából adódó mesterséges értékek (ui. az axiális dipóltérnek megfelelő értékek nulla közelébe esnének), az egyes magszakaszok (illetve mágnesezettségi irányok) reorientálhatók, és előállítható a teljes magra vonatkozó középirány, amelyet a táblázatok utolsó sora tartalmaz.

Kor év	N/N_0	Deklináció D (°)	Inklináció I (°)	Pontosság k	Konfidenciaszög α_{95} (°)
(-250) – 1750	20/20	3	65	183	2.4

1. táblázat. Archeomágneses adatok (százéves átlagok) [MÁRTON 2003]

Table 1. Archaeomagnetic data (100 year averages) for Hungary (Budapest). [MÁRTON 2003]. $N_0 = N$: number of 100 year averages between BC 250 and AD 1750

Mélység cm	N/N_0	Deklináció D (°)	Inklináció I (°)	Pontosság k	Konfidenciaszög α_{95} (°)
0 – 84	13/16	236	65	48	6.0
100(?) – 187	14/15	152	62	147	3.3
0 – 187	27/31	0	64	74	3.3

2. táblázat. A Balatonlelle-4 mag két szakaszán mágneses tisztítással izolált mágnesezettségi irányok átlagirányai a kiütő irányok elhagyása után (1–2. sorok), illetve ezek átlagiránya a magszakaszok azimutális reorientációja után (3. sor)

Table 2. Mean directions of magnetisation isolated by AF-demagnetisation without the outliers for the two segments of the Balatonlelle-4 core (rows 1 and 2), and the mean direction of these after the azimuthal reorientation of the core segments (row 3). N_0 : number of samples, N : number of useful samples, N_0-N : number of outliers

Mélység cm	N/N_0	Deklináció D (°)	Inklináció I (°)	Pontosság k	Konfidenciaszög α_{95} (°)
0 – 60	11/12	20	64	19	10.6
62 – 173	19/24	322	58	11	10.5
175 – 261	11/17	268	67	18	11.2
0 – 261	41/53	0	62	14	6.1

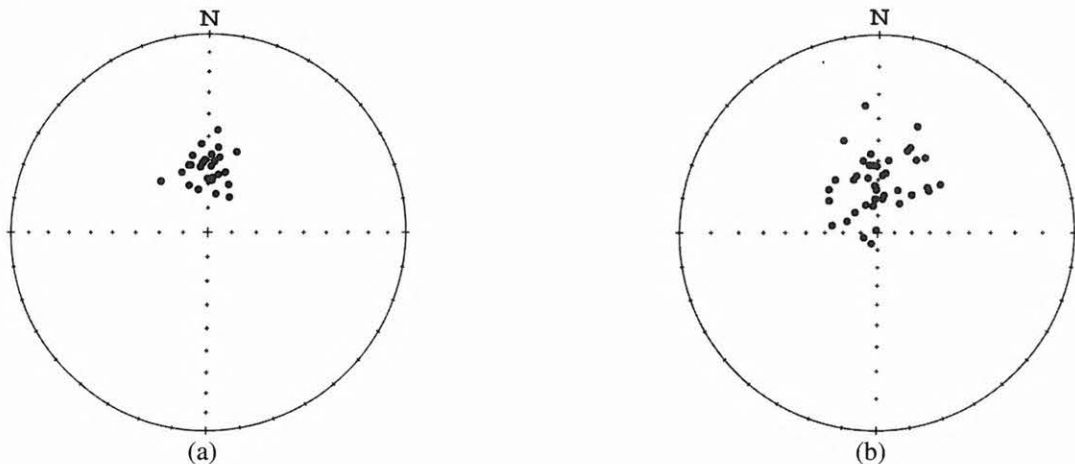
3. táblázat. A Szabadi-11 mag három szakaszán mágneses tisztítással izolált mágnesezettségi irányok átlagirányai a kiütő irányok elhagyása után (1–3. sorok), illetve ezek átlagiránya a magszakaszok azimutális reorientációja után (4. sor)

Table 3. Mean directions of magnetisation isolated by AF-demagnetisation without the outliers for the three segments of the Szabadi-11 core (rows 1, 2 and 3), and the mean direction of these after the azimuthal reorientation of the core segments (row 4). N_0 : number of samples, N : number of useful samples, N_0-N : number of outliers

(Az 1–3. táblázat a FISHER [1953] statisztika alapján készült).

A reorientált individuális mágnesezettségi irányok eloszlását a 6.a és 6.b ábra szemlélteti. Figyelembe véve a megfelelő konfidencia szögeket (3,3°, illetve 6,1°) látható, hogy a teljes magokra számított középírányok statisztikusan sem egymástól, sem az utóbbi 2000 évre vonatkozó archeomágneses irányok átlagától, sem pedig az axiális dipóltér helyi irányától nem különböznek. Az is kitűnik, hogy az individuális irányok koncentrációja a balatonlelle-i magban jobb, mint a szabadiban ($k = 74$, szemben a $k = 14$ -gyel).

tikusan sem egymástól, sem az utóbbi 2000 évre vonatkozó archeomágneses irányok átlagától, sem pedig az axiális dipóltér helyi irányától nem különböznek. Az is kitűnik, hogy az individuális irányok koncentrációja a balatonlelle-i magban jobb, mint a szabadiban ($k = 74$, szemben a $k = 14$ -gyel).



6. ábra. A váltóterű tisztítással izolált mágnesezettségek irányainak sztereografikus képe a kiütő irányok elhagyása és az egyes magszakaszok azimutális reorientációja után. a: Balatonlelle-4 mag, b: Szabadi-11 mag

Fig. 6. Stereographic plot showing the directions of magnetisation isolated by AF-demagnetisation without the outliers (directions falling outside the $3\alpha_{95}$ region) after reorienting each core segment to a common average declination and that to zero. a: Balatonlelle-4 core, b: Szabadi-11 core

Mindezekből az a következtetés vonható le, hogy a balatoni üledék remanens mágnesezettségének váltakozó terű lemágnesezéssel izolált komponensei a szóban forgó két fúrás anyagában lényegében (vagyis bizonyos perturbációktól eltekintve) a földi mágneses tér irányító hatásának következtében alakultak ki. Többségükre jellemző, hogy lemágnesezésre viszonylag könnyen eltávoztak (2. és 3. típus), így feltételezhető, hogy részben viszkózus eredetűek lehetnek, de nem zárható ki a kémiai eredet sem, a mágneses ásványok utólagos kémiai átalakulásának következményeként. Nem világos azonban, hogy ez mikor történt, illetve, hogy ez a komponens mikor fosszilizálódott. Ha ugyanis a fenti mágnesezettségi irányok az ülepedés után fosszilizálódtak volna egy utólag zavartalan üledékben (ülepedés utáni remanens mágnesezettség), akkor valamilyen késéssel követnék a földi mágneses tér helyi irányának változásait. Annak eldöntésére, hogy a balatoni üledék rögzített-e valamit az évszázados változásból, megvizsgáltuk a mágnesezettségi irányok deklináció és inklináció komponenseit (az idővel többé-kevésbé arányosnak vehető) mélység függvényében. 0,4 mm/év üledékfelhalmozási sebesség mellett egy minta mintegy 50–60 évet képviselhet. Átlagosan 6–7 cm-enként, azaz 150–170 évenként lenne egy-egy ilyen irányunk, ami — a zajoktól eltekintve — alkalmas lenne az évszázados változás adott mintavételi sűrűséghez tartozó leképezésére. Minthogy szabályos, az évszázados változásra jellemző menet sem a deklinációban, sem az inklinációban nem volt tapasztalható (a vonatkozó ábrák bemutatásától ezért eltekintettünk), a balatoni üledék mágnesezettségének kialakulása, illetve blokkolása a vizsgált két fúrás anyagában másodlagos, az ülepedéstől máig tartó ismeretlen időben lezajlott folyamatok eredményeként tekinthető.

Köszönetnyilvánítás

A fenti kutatást az OTKA támogatta a TS044765 nyilvántartási számú szerződés keretében. A 3–6. ábrák technikai kivitelezéséért FERENCZ Edithet illeti köszönet. A laboratóriumi méréseket POROSZ Mihályné végezte.

HIVATKOZÁSOK

- BARABÁS A., SURÁNYI G. 2007: Balatoni üledékek magmintáinak komplex vizsgálata. Kézirat, ELTE Geofizikai Tanszék
- CREER K. M. 1985: Review of lake sediment palaeomagnetic data. *Geophys. Survays* **7**, 125–160
- DEARING J. 1999: Environmental Magnetic Susceptibility (Using the Bartington MS2 System). Chi Publishing, Kenilworth, England, 1–54
- FISHER R. A. 1953: Dispersion on a sphere. *Proc. Roy. Astr. Soc. (London)*, Ser. A, **217**, 295–305
- FRANK U., SCHWAB M. J., NEGEDANK F. W. 2002: A lacustrine record of paleomagnetic secular variation from Birkat Ram, Golan Heights (Israel) for the last 4400 years. *Phys. Earth Planet. Int.* **133**, 21–34
- JELINOWSKA A., TUCHOLKA P., WIECKOWSKI K. 1997: Magnetic properties of sediments in a Polish lake: evidence of a relation between the rock-magnetic record and environmental changes in Late Pleistocene and Holocene sediments. *Geophys. J. Int.* **129**, 727–736
- MÁRTON P. 2003: Recent achievements in archaeomagnetism in Hungary. *Geophys. J. Int.* **153**, 675–690
- PÓSFAI M., ARATÓ B. 2000: Magnetotactic bacteria and their inclusions from Hungarian freshwater sediments. *Acta. Geol. Hung.* **43**, 4, 463–476
- PÓSFAI M. 2006: Szóbeli közlés
- SPADINI L., BOTT M., WEHRLY B., MANCEAU A. 2003: Analysis of the Major Fe Bearing Mineral Phases in Recent Lake Sediments by EXAFS Spectroscopy. *Aquatic Geochemistry* **9**, 1–17

Tündérrózsák és a gravitációs tér?!¹

KISS JÁNOS², SZALMA ELEMÉR³

Magyarország gravitációs lineamens-térképének készítésekor a feldolgozási eredményeinket összevetettük más adatokkal is, pl. geofizikai, geológiai és botanikai adatokkal. A hidrobotanikai és a gravitációs adatok együttes vizsgálata során meglepő korrelációt véltünk felfedezni...

Kutatásaink eredményeként megállapítottuk, hogy a vizes élőhelyeket és azon belül a jellegzetes növényfajok kialakulását egyértelműen a felszíni és mélyégi vizek jelenléte, azok keveredési aránya határozza meg. Ugyanakkor a gravitációs erőter jellegzetességei (pl. gravitációs lineamensek) azokat a mélybeli szerkezeteket jelezhetik, amelyeken keresztül a mélybeli vizek a felszínre kerülnek, biztosítva a tündérrózsák életfeltételeit.

J. KISS, E. SZALMA: Water lilies and the gravity field

When the gravity lineament map of Hungary was prepared its results were compared with other, i. e. geophysical, geological and botanical data as well. At joint study of hydrobotanical and geophysical data we were inclined to think, that there was a surprising correlation between them...

Our studies resulted in pointing out that the development of hydrobotanical habitats and their characteristic species are unambiguously determined by the presence of ground- and surface-waters and by the ratio of their mixing. While the attributes of the gravity field (for example gravity lineaments) can indicate hidden geological structures, along which old water belonging to larger depths can ascend to the surface and provide life conditions for water lilies.

Bevezetés

A természet a saját törvényeinek megfelelően működik, ezeket próbáljuk megismerni, megfejteni, függetlenül attól, hogy botanikával vagy geofizikával foglalkozunk.

E tanulmány két egymástól viszonylag távolálló tudományterület adatainak vizsgálatát mutatja be, amelynek eredményei egy harmadik tudományág törvényszerűségeire, illetve jelenségeire mutatnak rá. Két független adat — a botanikai megfigyelés és a geofizikai felmérés — leírja és igazolja a hidrogeológia fontos, vízáramlással kapcsolatos elméleti elképzeléseit és gyakorlati tapasztalatait.

A gravitációs mérési adatok kiterjedt vizsgálatát egy OTKA pályázatnak (T 043100) köszönhetően kezdtük el Magyarország gravitációs lineamens-térképének megszerkesztése céljából. A vizsgálatokat kiterjesztettük az alap- és a különböző szűrt térképekre is, amelyeket összevetettünk más geológiai, geofizikai — többek közt botanikai — adatrendszerekkel is [KISS 2006].

A gravitációs Bouguer-anomália-térkép és a tündérrózsza dominanciájú élőhelyek (tündérrózsás élőhely alatt a továbbiakban a lápi-sorozat állóvízű élőhelyeit értjük) együttes megjelenítése során merült fel a gyanú, hogy valamilyen kapcsolat van a két dolog között. Vizsgálati eredményeink a „felszín alatti vizek áramlási rendszere” problémakör irányába mutattak. A jelenség, amely összekapcsolja a különböző megfigyeléseket, az a felszín alatti vizek áramlása a fellazult vetőzónák mentén. A vizek feláramlását a növények vízellátottságától való függése alapján felté-

telezhetjük, mivel a vetőzónák áramlási csatornát jelenthetnek a mélybeli vizeknek. A geofizika lehetőséget ad számunkra, hogy a nehézségi tér változása alapján a mélybeli vetőket előre jelezhessük. A tündérrózsás élőhelyek és a geofizika alapján kimutatott zónák egybeesésekor nagy a valószínűsége annak, hogy egy, a szerkezeti mozgásoknak köszönhetően kialakult, közel függőleges folyadékáramlási csatornát találtunk.

Vizsgálataink eredményeként felállítottunk egy hipotézist, amely összekapcsolja a tündérrózsákat és a gravitációs erőteret — cikkünkben ezt ismertetjük.

Alapfogalmak

Dolgozatunkban három tudományágnak a kutatási eredményeit vizsgáljuk, ezért szükségessé vált egy közös nyelv kialakítása, hogy a dolgokon ugyanazt értsük. A szakzsargonnak — amelyet a cikkben folyamatosan használunk — a kulcsszavait tudományáganként ismertetjük, ezeket a szövegben dőlt betűvel is kiemeltük. Az alapfogalmak ismertetését azért tartottuk fontosnak, mert a Magyar Geofizikában megjelenő cikkek egy szűk szakmai közönségnek készülnek, ezért más szakterületről kevés információ kerül be, kevés az „áthallás” — ez a cikk pedig egyfajta hidat képez a botanika, geofizika és hidrogeológia között.

Botanika

- *hidrobotanika* — a hidrobiológia botanikával foglalkozó rész tudománya;
- *trófia* — a vízi környezetbiológiai rendszer szervesen növényi táplálékkal való ellátottságának foka [FELFÖLDY 1984];
- *trofitás* — az elsődleges szervesanyag-termelés (amelynek alapja a fotoszintézis) intenzitása a vizekben, ami a környezetbiológiai rendszer energia befogó képességét

¹ A geofizikai-földtani-környezetvédelmi vándorgyűlés és kiállításon Zalakaroson, 2006. szeptember 22–23-án elhangzott előadás alapján

² Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23, NYME Kitaibel Pál Geokörnyezettudományi Doktori Iskola, e-mail: kiss@elgi.hu

³ Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula Pedagógusképző Kar, Biológia Tanszék, e-mail: szalma@jgytf.u-szeged.hu

- jelenti, és a rendszer potenciális energiataralmát növeli [FELFÖLDY 1984];
- *trofikus* — táplálkozással, tápellátottsággal, tápanyagokkal összefüggő, azokra vonatkozó jelző [FELFÖLDY 1984];
 - *eutróf, eutrofikus* — (tróf = tápanyag, eu = valódi) bőven termő, azaz nagy trofitású, szerves anyagot (a fotoszintézis által) bőven termő víz. Ez a tulajdonság a felszíni vagy felszín alatti lokális áramlási rendszerhez tartozó vizekre jellemző — oxidációs környezet;
 - *oligotróf, oligotrofikus* — (oligo = kevés) szűken termő, azaz kis trofitású, szerves anyagot termelő víz [FELFÖLDY 1984]. Ez a tulajdonság a regionális áramlási rendszerhez tartozó felszín alatti (mélybeli) vizekre jellemző — redukációs környezet;
 - *disztróf, disztrófikus* — (disz = fosztóképző) időszakosan „tápanyaghiányos”, polihumózus (ld. lejjebb), gyakori bennük a tőzegképződés [FELFÖLDY 1984], a fogalom a trófia alrendszereként tekinthető. Kettős vízellátás esetén alakul ki, pl. a lokális és regionális (mélybeli) áramlásrendszer vizeinek keveredéséből;
 - *mezotróf* — közepes tápanyag ellátottságú;
 - *láp* — olyan természeti képződmény, amelyre jellemző, hogy bizonyos élő rendszerek tőzeget halmoznak fel benne, illetve amelyben a folyamatosan vastagodó tőzegréteg növekedése és fogyása (bomlás vagy erózió révén) hosszú távon egyensúlyt ér el. A láp fogalma tehát a növénytakarót és a belőle képződő tőzeget együtt, összefoglalva jelenti [LÁJER 1998];
 - *mocsár* — fontos a láp és a mocsár fogalmának megkülönböztetése. A hidrobotanikában általában a mocsár megnevezést szűkebb értelemben használjuk, nevezetesen olyan vizenyős élőhelyek megnevezésére, amelyekben nem folyik tőzegképződés, vagy a keletkezett tőzeg rendszeresen el is bomlik [LÁJER 1998];
 - *polihumózus* — sok humusz anyagot tartalmazó, barna színű vizek;
 - *szukcesszió* — a növénytársulások időbeli egymás után következése;
 - *eusztatikus vízforgalmú termőhelyek* — adott típusú történések és változások állandósága, rendszeres ismétlődése a jellemző;
 - *szemisztatikus vízforgalmú termőhelyek* — vagy egész létük alatt vízzel borítottak, ill. átítatottak, vagy évelő típusúak, tehát csak több évenként száradnak ki. Vízforgalmukra a nyugalmi (egyensúlyi) állapot hiánya, a viszonylag tág határok között mozgó, időben általában rendszertelenül bekövetkező változások a jellemzők;
 - *asztatikus vízforgalmú termőhelyek* — szélsőségesen és szabálytalanul ingadozó alkalmanként, de évenként legalább egyszer kiszáradnak, lehetnek azonban egész létük alatt vízzel borítottak, ill. átítatottak is.
- Geofizika**
- *gravitációs módszer* — a kőzetek eltérő sűrűsége alapján, a nehézségi erőter mérésével következtet a földtani felépítésre;
 - *Bouguer-anomália* — a nehézségi erőter azon változásai, amelyek a földtani képződmények sűrűségével és azok változásával vannak összefüggésben (Pierre BOUGUER francia természettudósról lett elnevezve, aki Peruban végezte az első méréseket a Föld átlagsűrűségének meghatározására). A Bouguer-érték mértékegysége a gal — GALILEI tiszteletére, $1 \text{ Gal} = 10^{-2} \text{ m/s}^2$;
 - *horizontális gradiens* — a Bouguer-anomália horizontális irányban mért legnagyobb változása egy adott területre vonatkoztatva — az *X* és *Y* iránygradiensek vektorösszege;
 - *hatóperem* — a gravitációs hatónak (testnek) a pereme, amelyet a digitális adatfeldolgozások segítségével ki tudunk mutatni — ez az alapja a lineamens-kijelölésnek;
 - *gravitációs lineamens* — a Bouguer-anomália-térképnek olyan egyenes, vagy enyhén görbülő, hosszan nyomon követhető jellegzetessége, ami vonallá, vonalakká áll össze. A vonalak a sűrűség laterális irányú hirtelen megváltozásához kapcsolhatók, ami litológiai, sztratigráfiai vagy tektonikai inhomogenitást jelez. Laza üledékes környezetben a szerkezeti vonalak, vetők okozhatják a gravitációs térkép vonalasságát, azaz a gravitációs lineamenseket.
- Hidrogeológia**
- *vízvezető (aquifer)* — olyan földtani képződmény, ahol a porustérben a folyadékok jelenléte, áramlása megvalósulhat;
 - *vízfogó (aquitard)* — olyan földtani képződmény, ahol a porustérben a folyadékok áramlása földtani értelemben csak nagyon lassan következik be;
 - *víz záró (aquiclude)* — olyan földtani képződmény, amelyben gyakorlatilag nincs folyadékáramlás, kötött víz jelenléte nem kizárt;
 - *lokális áramlási rendszer* — olyan egyszerű áramlási rendszer, ahol a beáramlás és a kiáramlás közvetlenül szomszédos (azaz egy lejtőn vannak);
 - *köztes (intermedier) áramlási rendszer* — olyan összetett áramlási rendszer, ahol a beáramlás és a kiáramlás között több lokális áramlási rendszer van, de a beáramlás nem a fő vízválasztón, a kiáramlás pedig nem a fő völgytalpon van egy időben;
 - *regionális áramlási rendszer* — olyan összetett áramlási rendszer, ahol a be- és kiáramlás a fő vízválasztóra és a fő völgytalpra esik;
 - *gravitációs vizek* — a gravitáció által meghajtott, felszín alatti vizek. A lokális és köztes (esetleg regionális) áramlási rendszer vizei, amit a kémiai összetétel jelezhet;
 - *mélybeli (mélységi) vizek* — a megnőtt nyomás, hőmérséklet stb. hatására áramló felszín alatti vizek, esetleg idős gravitációs vizek. A köztes és regionális áramlási rendszer vizei, amit a kémiai összetétel mutat;
 - *hidraulikai rezsim* — egy adott földtani régióhoz tartozó felszín alatti vizek térben összefüggő tartománya az összes vizekhez kapcsolódó jelenséggel együtt. A felszín alatti vizek fizikai és kémiai tulajdonságával jellemezhető;
 - *felszíni vizek* — nyílt víztükrű, felszínen található vizek (tavak, folyók, patakok stb.) és a légkörből származó csapadékvíz, összetételében a lokális áramlással egyező;
 - *felszín alatti vizek* — felszín alatti áramlásban részt vevő vizek (lásd lokális, köztes és regionális áramlás);

- *beáramlási zóna (recharge)* — a légköri (felszíni) vizek beszivárgási helye, a domborzat és a földtani felépítés határozza meg;
- *kiáramlási zóna (discharge)* — a felszín alatti vizek megjelenése a felszínen, a domborzat és a földtani felépítés határozza meg;
- *átmeneti zóna (midline)* — a beáramlás és a kiáramlás közötti semleges (átmeneti) zóna;
- *evaporáció* — a szabad felszín párolgása, amely függ a hőmérséklettől, a levegő mozgásától és páratartalmától.

Módszerek, kutatások

A gravitáció és a tündérrózsák közötti kapcsolatot kutató botanikai, geofizikai és (mint ezek eredményeként) hidrogeológiai szempontból kellett vizsgálni. Kutatásainkat következőképpen vázolhatnánk:

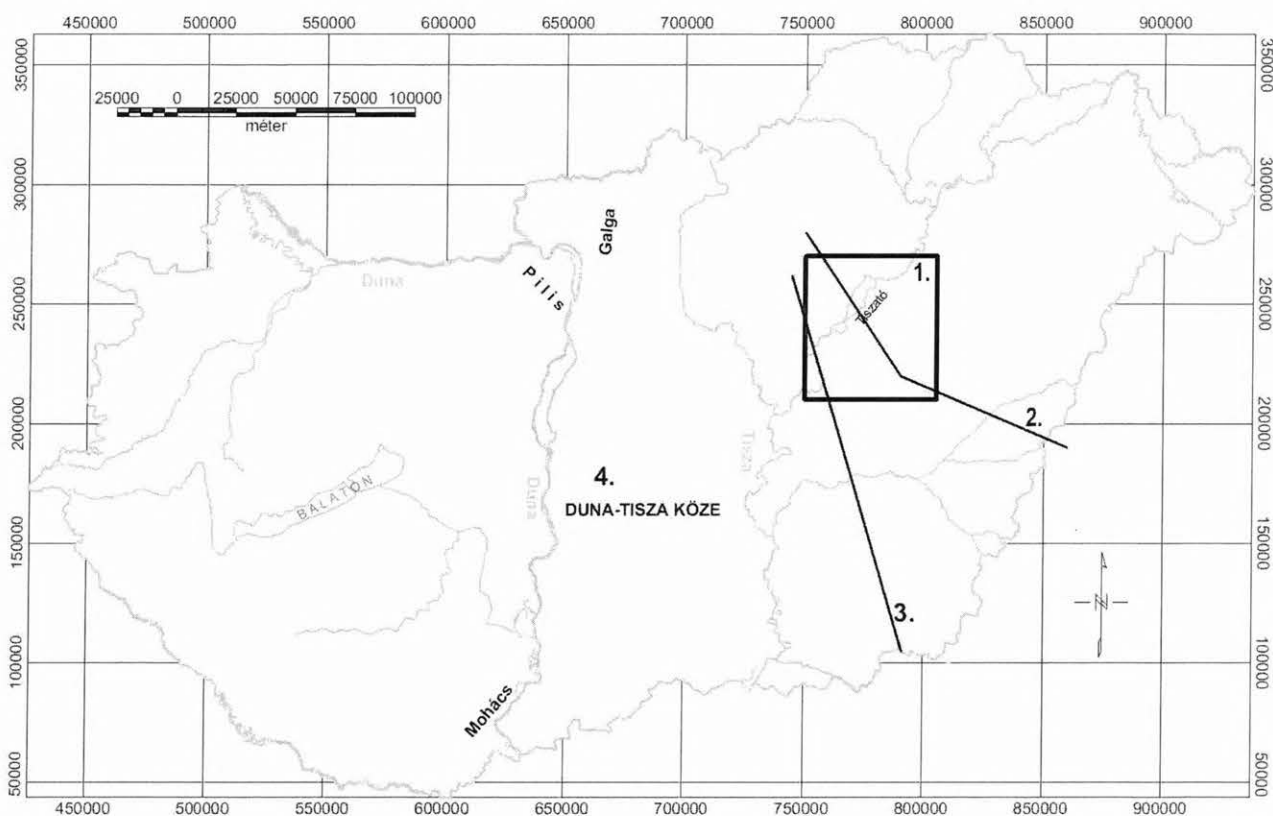
- A hidrobotanika vizsgálati eszközeivel keressük azokat a növényfajokat és társulásokat, amelyek különböző élőhelytípusokra utalnak [SZALMA 2003]. Keressük a

választ arra, hogy ezen élőhelytípusok előfordulását, mintázatát milyen környezeti feltételek határozzák meg;

- Bizonyos élőhelytípusok (szikes és lápi sorozatok növénytársulásai) szoros kapcsolatot jeleznek a felszín alatti vizekkel, azok áramlásával. Ezen növényi élőhelyek besorolásakor folyamatosan hidrogeológiai jelenségekbe, illetve azok hatására kialakult fizikai, kémiai változásokba ütköztünk. Ennek köszönhetően vizsgálataink elengedhetetlen részévé vált a hidrogeológiai okok feltárása;

- Geofizikai feldolgozási eszközök segítségével kerestük azokat a rendellenességeket, amelyek litológiai vagy tektonikai határokat jeleznek [KISS 2006]. Adott esetben a nehézségi erőternek azon változásait, amelyek földtani okokra vezethetők vissza, s amelyek hatással lehetnek a felszín alatti vizek áramlására, illetve a természetes növényzet kialakulására (pl. a tündérrózsák előfordulására).

Kutatásaink eredményét a mintaterületek részletesebb vizsgálatával mutatjuk be. Az egyik ilyen terület a Tisza-tó, a másik a Duna–Tisza köze (1. ábra).



1. ábra. Helyszínrajz a cikkben bemutatott térképekről és szelvényekről. 1. Tisza-tó mintaterület, 2. Folyadékpotenciál szelvény, 3. Regionális földtani szelvény, 4. Duna–Tisza köze mintaterület

Fig. 1. Location map of the study. 1. "Tisza-tó" study area; 2. Section of fluid potential; 3. Regional geological section; 4. "Duna–Tisza köze" study area

Botanika (és hidrogeológia)

A hidrobotanikában vizsgált vízinövények léte a felszíni vizekhez kapcsolódik. A felszíni vizek látszólag egyformák, de kémiai jellegük alapján is jelentős különbségek vannak köztük. A felszíni vizek kétféle vízutánpótlással rendelkeznek: légköri (*felszín feletti*) — pl. Csapadék, folyók vize, és a Föld belsejében jelenlévő (*felszín*

alatti) folyadékáramlás. A két vízutánpótlás mértéke alapvetően befolyásolja a vizekben kialakuló természetes növényzetet.

A hidrobotanikában a növényi élőhelyeket a jellemző élet- és növekedési formák, a vízmozgás és a vízutánpótlás, valamint a tápanyagellátás alapján csoportosíthatjuk és sorolhatjuk be [SZALMA 2003].

Az élőhelytípusok megjelenése nem véletlenszerű, hanem hidrogeológiai folyamatok és törvényszerűségek határozzák meg. Vizsgálataink során a vizes élőhelytípusokat — jelen esetben a tündérrózsás dominanciájú élőhelyeket, továbbá az idővel a *szukcessziós* folyamatok előrehaladtával az ezekből kialakuló lápi vegetációsorozatokat (*disztróf*, polihumózus láptavak, láprétek, láperdők) — markereknek tekintjük, amelyek elterjedése a felszíni és felszín alatti vízutánpótlás milyenségétől függ [SZALMA, KISS 2006a].

A tündérrózsás termőhelyeket (a láposodás kezdeti stádiumát) többnyire nagy termetű, gyökérrel rögzült hínárnövények többé-kevésbé összefüggő gyepe jellemzi (1. táblázat). Állóvízű vagy gyenge vízmozgású, *disztróf* (humuszos, polihumózus) jellegű tavakban és holtmedrekben jelennek meg, melyeknek vize az anaerobikus bomlás (tőzegképződés) miatt humuszsavakban gazdag, a víz színe sötétbarna. Az élőhely jellegét meghatározóan kettős vízutánpótlás biztosítja, egyrészt az állandó vagy időszakosan feláramló, másrészt a felszíni, ún. gravitációs vizek. Az időszakosan feláramló vizek *mezotróf* vagy/inkább *oligotróf* felszín alatti vizek, ezért vizük gyakran oxigénregett, a fenéken gyakori az oxigénhiány [SZALMA 2003]. Bizonyos esetekben növényzete átmenetet alkothat szikes vagy szikesedő élőhelyek növényzetével.

Latin név	Magyar név
<i>Nymphaea alba</i>	Fehér tündérrózsás
<i>Nuphar lutea</i>	Sárga vízitök, tavirózsás
<i>Stratiotes aloides</i>	Kolokán
<i>Hottonia palustris</i>	Békalilium
<i>Utricularia minor</i>	Kis rence
<i>Utricularia bremii</i>	Lápi rence
<i>Aldrovanda vesiculosa</i>	Aldrovanda
<i>Menyanthes trifoliata</i>	Vidrafű
<i>Riccia fluitans</i>	Villás májmoha
<i>Ricciocarpus natans</i>	Úszó májmoha
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	Gyűrűs süllőhínár
<i>Potamogeton filiformis</i>	Fonals békaszőlő
<i>Potamogeton acutifolius</i>	Hegyeslevelű békaszőlő

1. táblázat. Tündérrózsás (lápi) élőhelyek jellegzetes növényfajai

Table 1. Characteristic species of plants in (fen) habitats of water lilies

A tündérrózsás a *disztróf* láptavi élőhelyek egyik jellegzetes képviselője, az időszakosan tápanyaghiányos állóvizek csodálatos növénye, amely kizárólag láptavakban fordul elő. Ennek az élőhelynek a *disztrófitása* annak köszönhető, hogy vízutánpótlása kettős: folyamatos felszín alatti, *mélybeli* vízutánpótlása, és időszakos *gravitációs* vagy *felszíni* vízutánpótlása van. A *mélybeli* vizekre utal az is, hogy a *disztróf* élőhelyekre jellemző növények elviselik a víz természetes oxigénszegénységét (*hypoxiát*) és a teljes oxigénhiányt (*anaerobiózist*). A láptavakra jellemző, azokat benépesítő növényfajok olyan élettani mechanizmusokkal rendelkeznek, amelyek a fent említett folyamatokat és az azokból következő, nagy mennyiségben jelenlévő oldható növényi toxinok hatását elviselik. A tündérrózsás esetében egy belső ventilációs rendszer figyelhető meg, mely a leveleken keresztül a rhizómák (a

föld/üledék alatti módosult szár) és a gyökerek légköri oxigénnel való ellátását biztosítja [DECAY, KLUG 1979]. A belső ventilációs rendszer nyomásviszonyainak nap-szakon belüli változását, a „levegőztető pumpához” szükséges energiát a napsugárzás által meghatározott hőmérsékleti viszonyok szabályozzák, tehát a pumpa nem a fotoszintézis gázcserejére épül [DECAY 1980, 1981; DECAY, KLUG 1982].

Kutatásaink szempontjából nagyon jó mintaterületnek mutatkozott a Tisza-tó (1. ábra), ahol a Tisza fő áramvonal mellett a tározó medencéiben állóvízi növényi élőhelyek is kialakulnak. A Tisza-tónál elvégzett részletes botanikai megfigyelések egy meghatározott sávban jelezték a tündérrózsás hínártársulásokat (2. ábra). A Tisza-tónál készült téli kép magasabb hőmérsékletű víz jelenlétét mutatja. Nem fagy be a víz ott, ahol a *mélybeli* vízáramlások hatása érződik a felszínen. Itt vegetációs időszakban *disztróf lápi* tündérrózsás dominanciájú élőhelyek vannak.

A téma további tárgyalásával kapcsolatban fontosnak tartjuk, hogy a lápi élőhelyek mellett a szikes vegetációsorozat növényei is a kiáramló felszín alatti, *mélybeli* vizekhez kapcsolódnak. A botanikai vizsgálatok során tapasztalható lápos szikes (átmeneti állapotok) „eltolódások”, a vízvesztési-vízpótlási folyamatokból adódó fluxus- és *evaporáció*-arány folyamatos változását jelentik [SZALMA, KISS 2006a, 2006b].

Hidrobotanikai szempontból a szikes termőhelyeket a kistermetű gyökerező hínárnövények sekély, szikes tavakban vagy tócsákban élő úszó, vagy alámerült fajszegény hínárvegetációja jellemzi (2. táblázat). Ritkán eu-, inkább szemi- vagy asztatikus vízforgalmú, felmelegedő vizű, szikes, vagy/inkább (enyhén szikes) szikesedő állóvízű tavak, pocsolyák. Az élőhely vízutánpótlásában szerepet játszanak a felszíni (pl. csapadék) és a feláramló, mezo- vagy oligotróf felszín alatti vizek [SZALMA 2003; Élőhelyismereti útmutató — <http://www.novenyzetiterkep.hu/eiu/>].

Latin név	Magyar név
<i>Ranunculus peltatus</i> ssp. <i>baudotii</i>	Hosszúkocsányú víziboglárka
<i>Ranunculus tripartitus</i>	Sziki víziboglárka
<i>Chara crinita</i>	Csillárkamoszat
<i>Chara foetida</i>	Csillárkamoszat
<i>Chara fragilis</i>	Csillárkamoszat
<i>Ceratophyllum submersum</i>	Sima tócsagaz
<i>Najas marina</i>	Nagy tüskeshínár
<i>Najas minor</i>	Kis tüskeshínár
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Füzéres süllőhínár
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Fésűs békaszőlő

2. táblázat. Szikes vagy szikesedő tavak jellegzetes vízinövényfajai

Table 2. Characteristic species of water plants in sodic lakes or in lakes getting sodic

A mélybeli vizek jelenléte a lápi és szikes növényi élőhelyek esetében meghatározó. Általánosan megállapítható, hogy azokon a helyeken, ahol az oldalirányú gravitációs vízforgalom nagy, ott lápi, ahol kicsi, ott szikes növényi élőhelyek alakulnak ki. A fentiek alapján fontosnak tartjuk azt, hogy az oldalirányú gravitációs vízforgalom szempont-

jából a meglévő, vagy ősi folyómedrek szerepe meghatározó jelentőségű.

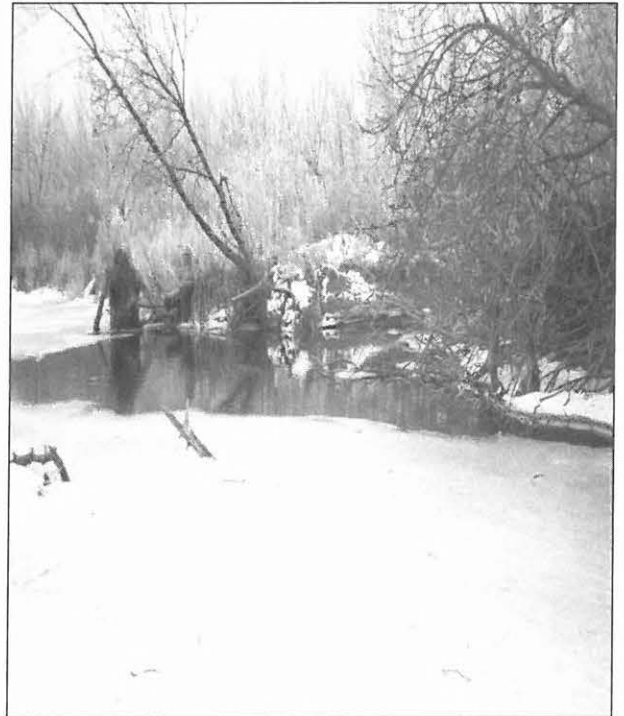
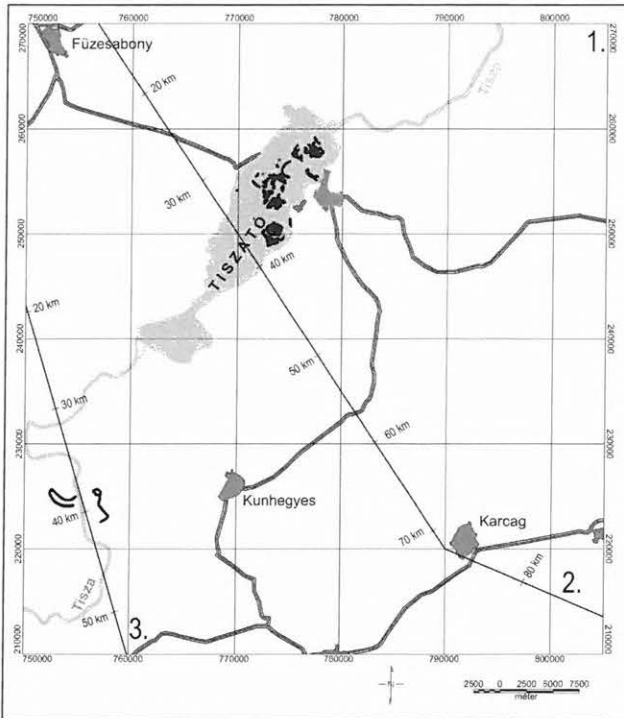
A mélybeli áramlásoktól függő élőhelytípusok ennek megfelelően a következőképpen jellemezhetők:

1. *lápi élőhelyek:* a mélyből feláramló vízmennyiség nagy, a párologtatással eltávozott vízmennyiség nagy, oldalirányú (főleg a különböző geológiai korú folyómedrek-ből származó) gravitációs vízutánpótlás kiegyenlítő hatása;
2. *szikesedő lápok:* a mélyből feláramló vízmennyiség nagy, a párologtatással eltávozott vízmennyiség nagy, oldalirányú gravitációs vízutánpótlás nem kiegyenlítő hatása;

3. *szikes élőhelyek:* a mélyből feláramló vízmennyiség nagy, a párologtatással eltávozott vízmennyiség nagy, oldalirányú gravitációs vízutánpótlás (átöblítés) nincs.

Botanikai szempontból: ahol tündérrózsás (lápi) élőhely van, ott jelentős és állandó mélybeli vízutánpótlás, valamint időszakos, felszíni vagy gravitációs vízutánpótlás van.

Kismértékben a helyi földtani, talajtani, hidrogeológiai adottságok is közrejátszanak az élőhelyek kialakulásában, de valószínűleg nem azok a meghatározók (azaz hiába van ilyen adottság — ha nincs felfelé áramló mélybeli víz, akkor nincs lápi élőhely).



2. ábra. A Tisza-tó mintaterület. Balra — tündérrózsza előfordulások (fekete pontok, vonalak) a Tisza-tóban; jobbra — a víz nem fagy be télen a mélyből érkező vízáramlások miatt

Fig. 2. "Tisza-tó" study area. Left — presence of water lilies (black dots and lines) on the study area; right — in winter the water doesn't freeze in due to the water ascending from the depth

Gravitáció (és hidrogeológia)

A nehézségi erő (egységnyi tömegre ható gyorsulás, röviden a „g”) mindenkire hat és hétköznapi életünkben állandó, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ értékűnek szokták tekinteni. Ez azonban korántsem igaz!

A geofizika gravitációs kutatási módszere a nehézségi erő (vagy gyorsulás) pontos mérésével azt vizsgálja, hogy a földkéreg (litoszféra) különböző sűrűségű képződményei a tömegvonzásnak köszönhetően milyen változásokat idéznek elő a g értékében. Ezt a földtani kutatásban a hatodik tizedes jegy változásának a mérésével érjük el úgy, hogy a Föld globális hatását és a domborzat hatását kiszűrjük a mérési eredményekből.

A gravitációs anomáliák kialakulását a képződmények között meglévő sűrűségkülönbségnek köszönhetjük. Gravitációs anomália tehát a földtani felépítés megváltozásakor jelentkező hirtelen sűrűségváltozással függ össze, ami alapvetően három földtani jelenséghez kapcsolható: az egyik a

tektonika, a másik a vulkanizmus, harmadik a metamorfózis. Az utóbbi két jelenség azonosítása a környezet földtani ismeretei alapján, vagy kiegészítő más geofizikai adatok alapján (pl. mágneses mérés) felismerhető. A mi szempontunkból a legérdekesebbek a vetők, amelyek megjelenése az üledékes környezetben erős sűrűségváltozásokat idézhet elő.

A földkéreg feszültségei és az azok energiáját levezető szerkezeti mozgások nyomot hagynak a földtani környezetben. A feszültségek hatására eltérő tulajdonságú kőzetek alakulnak ki vagy — szerkezeti mozgások során — kerülnek egymás mellé (fölé, alá), amit a felszíni gravitációs méréssel detektálni lehet. A gravitációs Bouguer-anomáliatérkép a földtörténet során lejátszódó folyamatoknak a gravitációs „tükröképe”.

Normál üledékképződés mellett folyamatos az átmenet a képződmények sűrűségében. A diagenézis foka, azaz az adott kőzet felett elhelyezkedő kőzetek (litosztatikus) nyomása, a cementáció (mértéke) tovább tömöríti a kőzeteket,

növelve azok sűrűségét. Ebből adódik egy törvényszerűség — minél régebbi egy képződmény, általában annál nagyobb a sűrűsége.

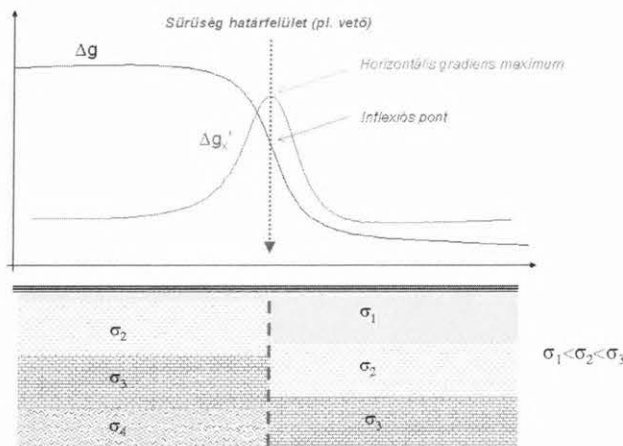
Természetesen a kőzetek litológiai tényezői is fontosak, más tömörödöttséget lehet elérni a nagy szemcseméretű homok és a kis szemcseméretű agyag esetében, ami szintén döntően befolyásolja a kőzetek sűrűségét. Az üledékes kőzet, ha nagy mélységbe kerül, ott összetömörödik és megnő a sűrűsége, ezt akkor is megtartja, ha a mozgásoknak köszönhetően a kőzet ismét a felszín közelébe kerül. Ahol gravitációs anomália van, és a vulkanizmus, metamorfózis hatása kizárható, ott szerkezeti mozgásokat, azaz vetőket kell feltételeznünk.

A 3. ábra egy üledékes összlettel feltöltött medence modelljét mutatja, lefelé folyamatosan növekvő sűrűségű képződményekkel. Ha a vető mellett az egyik blokk kiemelkedik (lesüllyed), akkor azonos szintben, egymás mellé eltérő sűrűségű képződmények kerülnek.

Jól azonosítható gravitációs anomália ott alakul ki, ahol a képződmények sűrűsége ugrásszerűen megváltozik. E változásokat digitális adatfeldolgozás segítségével [BLAKELY, SIMPSON 1986] ki tudjuk mutatni — ennek eredménye a gravitációs hatóperemtérkép. Sűrű felmérés vagy fedettség esetén területi feldolgozásokat és szerkezetlehatárolásokat tudunk végezni, amelynek eredményeként sűrűség-határfelületeket (gravitációs lineamenseket) kapunk.

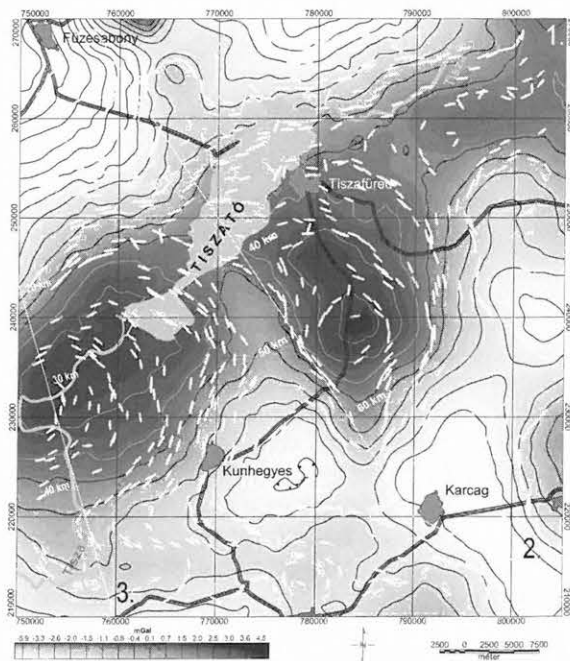
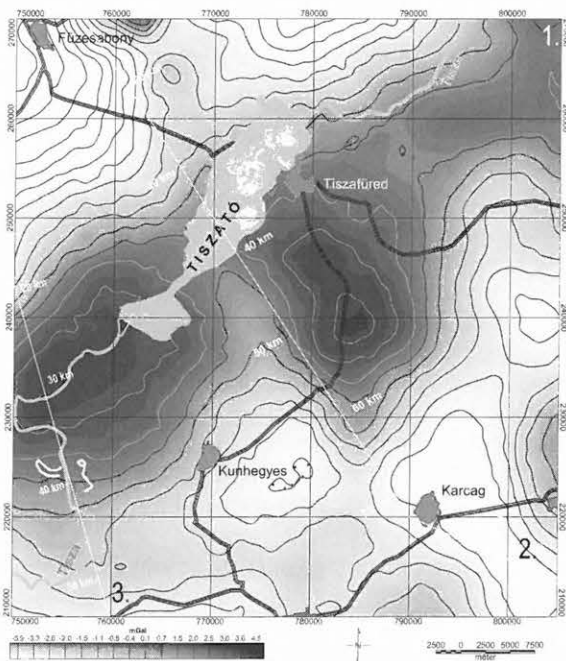
Gravitációs szempontból: ahol gravitációs lineamens van, ott azonos szintben eltérő sűrűségű képződmények kerültek egymás mellé, amit medence területeken, folyamatos üledékképződés esetén, közel függőleges, vagy nagy vízszintes (olyan mértékű, ahol már eltérő kőzetek kerülnek egymás mellé) elmozdulású vetővel, illetve képződmény-határral lehet megmagyarázni.

A Tisza-tó környezetének Bouguer-anomália-térképét és a tündérrózsá-előfordulásokat mutatja a 4. ábra és a gravitációs adatok digitális feldolgozásából kapott hatóperemeket, a szerkezetek irányát jelző csapásiránnyal. A hatóperemből kirajzolódó lineamensek és a tündérrózsás élőhelyek kapcsolatot mutatnak a Tisza-tó területén. Egy széles, DNy–ÉK irányú szerkezeti zóna és kisebb keresztirányú szerkezetek metszéspontjában jelentkeznek a tündérrózsás élőhelyek, Tiszafüredtől Ny-ra, ahogyan az ábrán is látható. A tündérrózsák olyan helyen jelentkeznek, ahol a Bouguer-anomáliák alapján két jelleghatár találkozása van. Gravitációs lineamensek vannak a Tisza-tó DNy-i részén is, de ott nincsenek tündérrózsák (feltételezhetően vízzáró szerkezeteket mutatunk ki)!



3. ábra. A gravitációs hatóperem-kijelölés alapja

Fig. 3. Basic idea of gravity edge detection



4. ábra. Gravitációs adatok és feldolgozások a Tisza-tónál. Balra — Bouguer-anomália-térkép és a tündérrózsák (fehér pont, vonal); jobbra — hatóperemek a szerkezetek csapásirányával (fehér vonalak) a gravitációs feldolgozások alapján

Fig. 4. Gravity data and their processing of the “Tisza-tó” area. Left — Bouguer anomaly map and the locations (white dots and lines) where water lilies are present; right — gravity edges and strike directions (white lines)

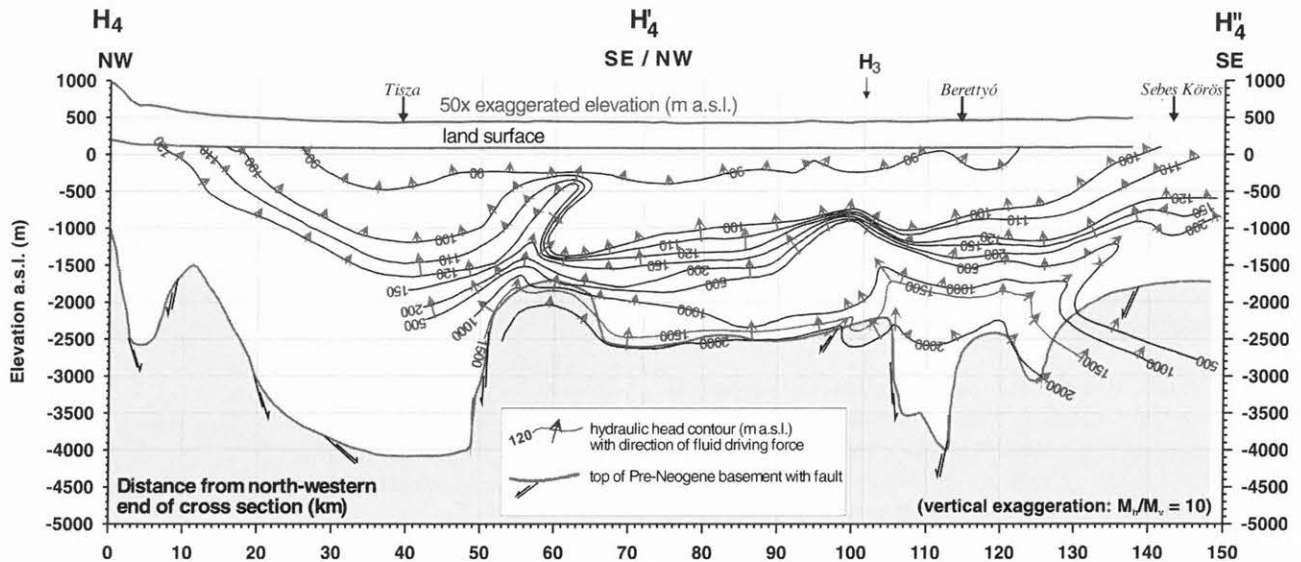
Vizsgálataink alapján a tündérrózsás élőhelyek gyakran a felszíni állóvizek és a gravitációs lineamensek találkozásánál figyelhetők meg. Ezek a helyeken — a tündérrózsák megjelenése alapján — a *felszíni (eutróf)* vízellátás és a *mélyégi (oligotróf)* vízellátás is biztosítva van. A kétféle víz keveredése teremti meg a tündérrózsás élőhelyeknek szükséges *disztróf* környezetet.

Kontrollként más mintaterületeken is elvégeztük a botanikai térképezést és a geofizikai adatfeldolgozásokat. Az eredményeket összevetettük és más mintaterületen is hasonló eredményt kaptunk, amiből arra következtetünk, hogy a tündérrózsák és a gravitációs lineamensek esetében nem véletlenszerű egybeesésről van szó.

Hidrogeológia (és geológia)

Hogyan függhet össze a botanika és a geofizika? Mi lehet a kapcsolat a tündérrózsák és a gravitáció között?

Ennek megértésében TÓTH, ALMÁSI [2001] hidrogeológiai cikke segített. A magyarországi nagy mélységű kutak hidraulikai emelkedési magasságának vizsgálata során sajátos hidrogeológiai jelenségeket figyeltek meg (5. ábra). A nagy rétegyomásnak köszönhetően helyenként felfelé irányuló vízáramlásokat, kürtőhatásokat lehetett kimutatni. Ez azt jelenti, hogy hidrogeológiailag bizonyítható erős felfelé áramlások vannak (lásd 60 km-nél, 500–1000 m mélységben a folyadékpotenciál szelvényen), amelyek *mélybeli* vizeket hoznak a felszínközelbe, vagy a felszínre.



5. ábra. Folyadékpotenciál-szelvény [TÓTH, ALMÁSI 2001]. (A hidraulikus emelkedési magasságok izoértékeit és az áramlások irányát jelöltük)

Fig. 5. Fluid-potential section [TÓTH, ALMÁSI 2001]. (Values of hydraulic lift up and flow-directions are indicated)

A dolog kulcsa tehát a hidrogeológia! De miért alakulnak ki a kürtőhatások?

A felszín alatti vizek áramlásrendszerének tanulmányozása — matematikai modellezésekkel, a folyadék-dinamikai paraméterek elemzésével és a víznek a környezettel való egymásra hatásának vizsgálatával — számos törvényszerűsége hívja fel a figyelmet. Ezek közül a legfontosabbak a mi szempontunkból:

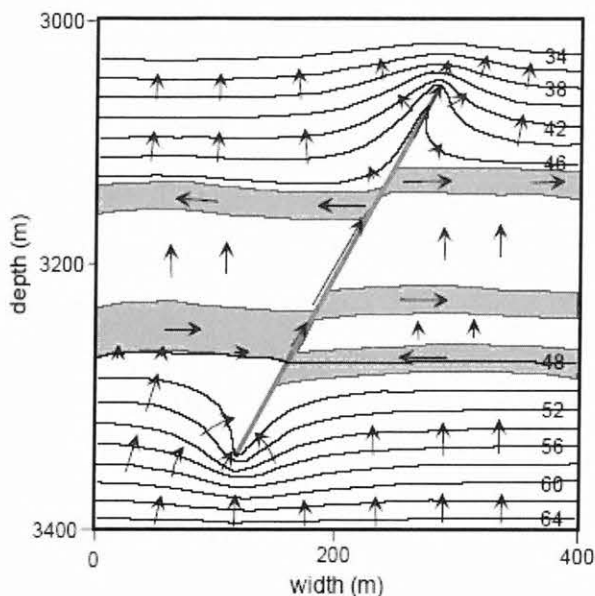
- az áramlás szempontjából a folyadékpotenciál értéke és a közeg permeabilitása döntő fontosságú;
- impermeábilis összlet gyakorlatilag nincs (így a magyar fordítás, a „vízzáró” szó is korlátozottan használandó);
- a tektonikai vonalak módosíthatják az áramlást, attól függően, hogy a vetősík mentén magasabb, vagy alacsonyabb permeabilitású zóna alakul ki;
- egy adott ponton többféle felszín alatti víz is megjelenhet (lokális, átmeneti, regionális), a domborzatnak és a földtani felépítésnek megfelelően.

A hidrogeológiai vizsgálatokról sok publikáció született. Az egyik tanulmány azt vizsgálta, hogy a „permeábilis” vetőknek milyen hatásuk van a felszín alatti vizek áramlására. MATTHAI, ROBERTS [1996] munkája szemléletesen bemutatja egy homokos, agyagos összletben a pórnyomásokat és az áramlási irányokat (6. ábra). Jól látható a

vízfogó (korábban a „vízzáró” elnevezést alkalmazták elterjedten — hibásan, mert nincs teljesen vízzáró összlet, pontosabb a vízfogó kifejezés) összlet alatt a permeábilis vető okozta depressziós tölcser, és a kürtőhatás a vető felső részénél. (Természetesen vannak vízzáró vetők is, pl. Tisza-tó DNy-i része!)

Magyarország, pontosabban az Alföld hidrogeológiai modelljében több olyan nagy mélységben elhelyezkedő vízfogó összlet is van, amely elzárja a felszín alatti mélybeli vizeket, megőrizve azok magasabb hőmérsékletét és nagy nyomását. Bizonyos körülmények között magas hőmérsékleten és nyomáson a szerves anyagok CH gázzá alakulásával, a víz kiszorítása mellett tényleges vízzáró felületek is kialakulhatnak (BCGA rendszer — Basin Centered Gas Accumulation).

Az Alföld két fő vízfogó összlete az algyői és az endródi vízfogó (3. táblázat), mindkettő alsópannon korú. A legfőbb jelentőségük a vízfogó (vízzáró) összleteknek, hogy alattuk mindenhol túlnyomást tapasztalunk, ami a rossz vízvezető-képességnek, a vastag üledéksorok kompaktációjának, tektonikai eredetű kompresszióknak, geotermikus többletenergiaának, vagy esetleg a fázisátalakulások következményeként felszabadult CH gázok többletnyomásának (BCGA) köszönhetően alakult ki.



6. ábra. Folyadékpotenciálok és áramlási irányok egy homokos (fehér) agyagsávós (szürke) öszletben [MATTHÁI, ROBERTS 1996]. (A felszíntől 3000 m-ig a hidrosztatikus nyomás értéke látható — 3400 m-en a nagysága 0,8-litosztatikus nyomás! Izovonal értékek MPa-ban, a nyílak a folyadék áramlás irányát mutatják)

Fig 6. Fluid-potential and flow-directions in a sandy (white) complex with clay bands (grey) [MATTHÁI, ROBERTS 1996]

A vizek kémiai összetétele megmutatja, hogy az adott víz mekkora utat tett meg a föld alatt, ahogy erre már utaltunk. Általános tendencia, hogy a vizek anion-összetételük alapján kezdetben HCO_3^- , majd SO_4^{2-} , és végül Cl^- jellegűek, azaz a beáramló vizektől a kiáramló vizekig jól meghatározható aniontartalom jellemzi őket (a kationokra is megvan az analóg sor, de az kevésbé karakteres), miközben az O- és CO_2 -tartalom fokozatosan csökken. Az anion- és kationtartalom a víz pH értékével van kapcsolatban, a víz-áramlási útvonalon a vizek pH-ja a beáramlástól a kiáramlási terület felé haladva fokozatosan nő [TÓTH 1999]. A földtani felépítés természetesen okozhat eltérést ettől!

Az 1958-as Vízföldtani Atlasz lehetőséget ad regionális vízkémiai elemzésre. A kúdatatok a következő jellegzetes-
séget mutatják:

A negyedkori, levantei és felsőpannon képződmények vizeinek vegyi jellege többnyire HCO_3^- jellegű, azaz a víz-áramlásban rövid utat bejárt vizek — valószínűleg *lokális*, esetleg *köztes* áramlás rendszer részei, közel a beáramlási zónához. Ez a jellegzetesség szinte az egész Alföldre igaz.

Az alsópannonból és az annál idősebb képződményekből nyert vizek már döntően a Cl^- jellegű, azaz a víz-áramlásban hosszú utat bejárt nagy pH értékű vizek.

Ez azt jelzi, hogy az Alföldön a legfiatalabb képződmények (a felsőpannonnal bezárólag) a *lokális* áramlási rendszerhez tartozó vizeket tartalmazzák, míg az alsópannon és az ennél idősebb képződmények a *regionális* áramlási rendszerhez kapcsolódnak a vegyi összetételük alapján.

Ma	AGE	STANDARD MEDITERRAN. STAGES	CENTRAL PARATHETHYS STAGES	STRATIGRAPHY	LITHOLOGY	HYDROSTRATIGRAPHIC UNITS		
0	QUATERNARY	PLEISTOCENE	PLEISTOCENE 1.8	QUATERNARY NAGYALFÖLD FM	sand / gravel loess / clay	NAGYALFÖLD		
5	PLIOCENE	L. PIACENZIAN	ROMANIAN	ZAGYVA FM.	silt / clay / sand	AQUIFER		
		E. ZANCLEAN	DACIAN	TÖRTEL FM.	sandstone & (siltstone/clay/lignite)	(aquitard lenses)		
		MESSINIAN	PONTIAN	ALGYÓ FM.	siltstone / clay marl (sandstone)	ALGYÓ AQUIFARD		
		TORTONIAN	PANNONIAN	SZÖLNOK FM.	turbidite	SZÖLNOK AQUIFER		
				NAGYKÖRÜ FM.	clay marl	(aquitard lenses)		
				TÓTKOMLÓS FM.	calcareous marl	ENDRÖD AQUIFARD		
		10	NEOGENE	Middle	SARMATIAN	BÉKÉS FM.	conglomerate sandstone / clay marl / limestone	Mid-Miocene Aquifer
					SERRA-VALLIAN	SARMATIAN FM.	clay marl / limestone	
					BADENIAN	BADENIAN FM.	rhyolite tuff organo-detritic limestone clay/marl sandstone	
					LANGHIAN	KARPATIAN FM.	rhyolite tuff conglomerate/breccia sandy marl/siltstone rhyolite tuff	
16.5	KARPATIAN				REGIONAL STRATIGRAPHIC H I A T U S			
17.5	OTTNANGIAN							
20	Early	BURDIGALIAN	EGGEN-BURGIAN		Pre-PANNONIAN AQUIFER			
		19	EGERIAN					
		AQUITANIAN						
25						includes Pre-Neogene basement rocks		

— = local intercalation ~ ~ ~ ~ = "time-transgressive" (formation) boundary

3. táblázat. Az Alföld neogén képződményei, hidrosztratigráfiai egységei [ALMÁSI 2001]

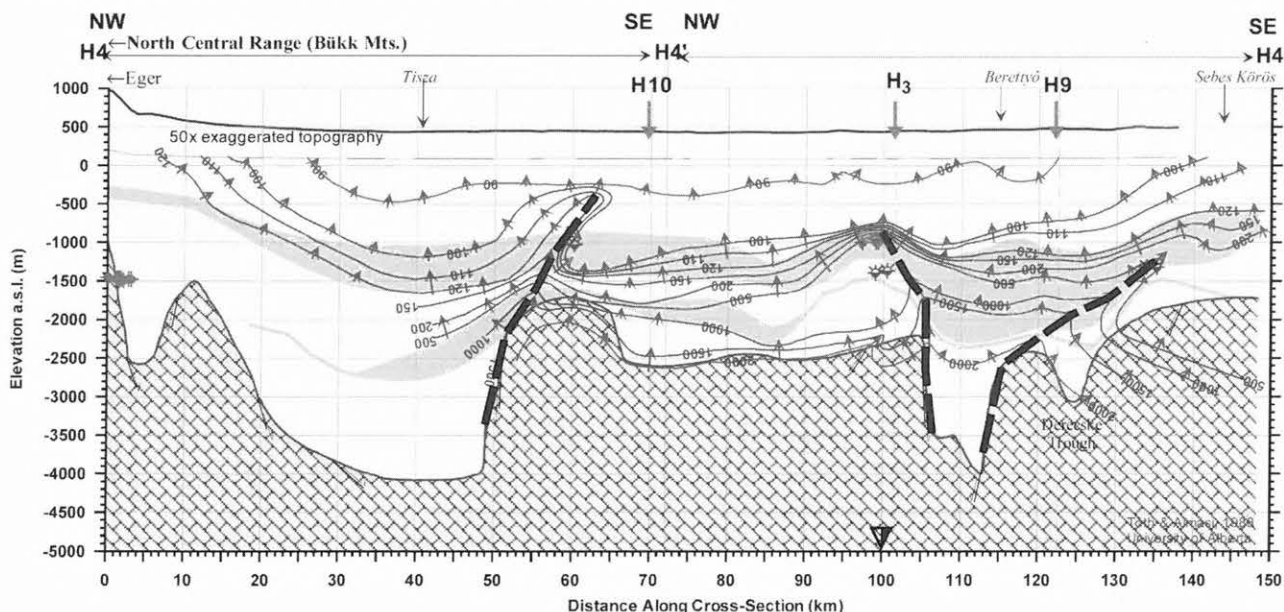
Table 3. Neogene formations of the Hungarian Great Plain and the hydrostratigraphic units [ALMÁSI 2001]

Az alsópannon és annál idősebb vizeknek az energiáját (folyadékpotenciálját) az algói és endródi vízfogók tartózzák. Ezek a vizek a regionális áramlásrendszerhez tartoznak. Ahol a vízfogó összletek megnyílnak (kiékelődés, elvékonyodás vagy vető által), ott a regionális vizek felfelé áramlanak és összekeverednek a gravitációs vizekkel, megteremtve a lápi *disztróf* vagy szikes élőhelyek kialakulásának előfeltételeit.

A vízkémiai adatok és a 6. ábra áramlasképe alapján feltételezhetjük, hogy a hidraulikai kürtök tektonikai vonalak mentén alakulnak ki. Felhasználva ezt, az 5. ábra módosításából megkaphatjuk a vetős modellt (7. ábra). Az alaphegységet is elvető szerkezeti elemek gyakran az egészen fiatal üledékekig nyomon követhetők. A törések mentén (szaggatott vonallal jelölve) az alsópannon vízfogó rétegek (szürke színnel jelölve az ábrán) is megnyílnak, és a túl-

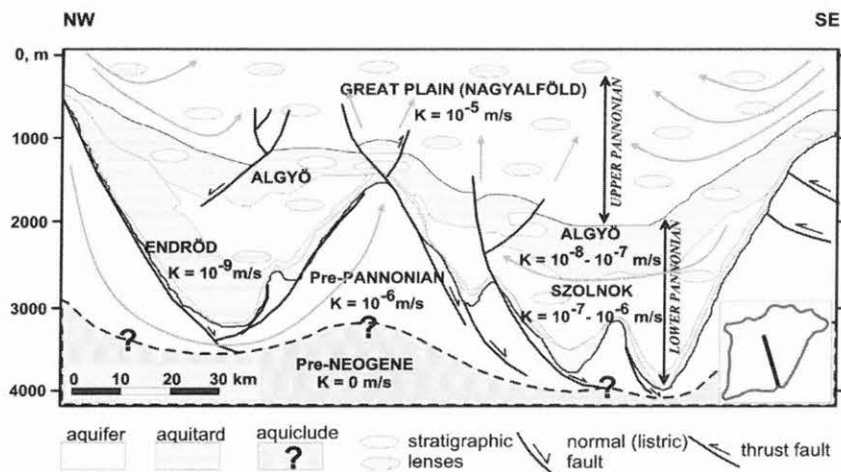
nyomásnak és a hőmérsékletnek köszönhetően erős felfelé áramlás jelentkezik, amelynek vize a felszínközéiben keveredik a gravitációs áramlásrendszerrel. Ezek a fellazult szerkezeti zónák, a vízáramlás szempontjából, fontos áramlási csatornát jelenthetnek (7. ábra).

Egy másik példán a fúrási adatokból szerkesztett mélység-szelvényen (8. ábra) jól látható a főbb vízáteresztő és vízfogó összletek helyzete az Alföldön. A vizek áramlása a víztározó összletekben — meghatározott törvényszerűségek alapján — akadálymentesen folyik. A vízfogó összlet elzárja az utat, így a mélyebb rétegek túlnyomásos vizei nem tudnak felfelé, a kisebb energiájú helyek felé vándorolni. A gyakorlatban azonban mindig vannak fellazult zónák, tektonikai vonalak, amelyek mentén a nagynyomású víz utat talál magának.



7. ábra. Folyadékpotenciál-szelvény — vetős modell [TÓTH, ALMÁSI 2001, módosítva]. A medencealjazat (mésző szimbólum) feletti üledékek szétválasztása víztározó (fehér szín) és vízfogó (szürke szín) összletekre, valamint a feltételezett vetők helyzete (fekete szaggatott vonal)

Fig 7. Fluid-potential section — model with faults



8. ábra. Regionális földtani szelvény átlagos permeabilitásokkal, és a feltételezett áramlási irányokkal — szürke nyilak [JUHÁSZ 1991; ALMÁSI 2001 után módosítva]

Fig. 8. Regional geologic section with average permeability and assumed flow directions (gray arrows) [modified after JUHÁSZ 1991; ALMÁSI 2001]

A vízfógó összletek esetében az áramlások nagy valószínűséggel a tektonikailag fellazult zónákhoz kötődnek és az áramlásban részt vevő vizek döntő többsége ezeken a zónákon vándorol felfelé, megkerülve a vízzáró képződményekből álló kőzetlencsákat.

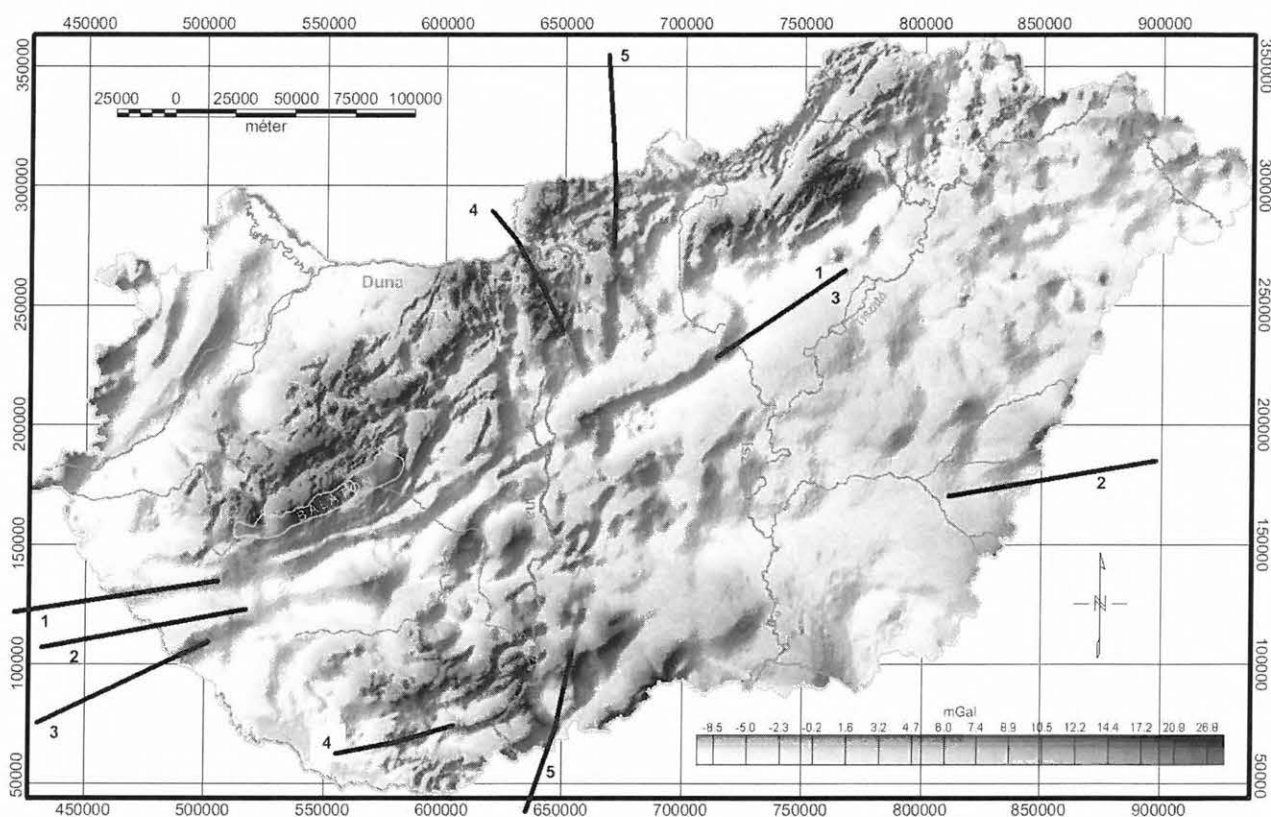
A tündérrözsák és a gravitációs erőter közötti kapcsolatot a hidrogeológia adja meg. A *hidrogeológiai rezsim* — a felszín alatti vizek áramlási rendszere — függ a mélybeli szerkezeti zónáktól (amelyeket a gravitációs adatokból azonosíthatunk), de biztosítja is a tündérrözsák alapvető létszükségeit, azaz a megfelelő minőségű vízutánpótlást.

Hidrogeológiai szempontból: ahol gravitációs lineamensek mentén tündérrözsák találunk, ott egy feltehetően az aljzatból induló, egészen a felszínközeli összletekig jelentkező, többé-kevésbé aktív törésvonal van, vagy egy olyan képződményhatár, amely megtereli, megvezeti a vizeket, hidraulikai kürtőhatást okozva. Ezek mentén jelentős mennyiségű mélybeli, feltételezhetően magasabb hőmérsékletű víz juthat felszínközelsébe.

Duna-Tisza köze mintaterület

Ez a mintaterület adja a kutatásaink szempontjából legjobban azonosítható kapcsolatot egy regionális léptékű geofizikai szerkezet-indikáció és egy felszín alatti áramlást jelző vízi növényi társulás között.

A KISS [2006] cikkben érdekes gravitációs lineament — a Galga–Mohács-vonalat — mutattunk ki a Kiskunság területén (9. ábra, 5-ös számú lineament). A Galga–Mohács gravitációs lineament (4. táblázat) szakaszokból összeálló, közel É–D irányú ívelt vonalként jelentkezik, és jól azonosíthatóan látszik a DNY–ÉK irányítottágú nagyszerkezeti vonalak (9. ábra, 1-es, 2-es, 3-as számú lineamentek) dominanciájával jellemezhető gravitációs Bouguer-anomália-térképen. A Galga–Mohács lineament É-on és D-en is elágaztatható, az így kapott vonalnak egyik lehetséges változata a Pilis D-i peremétől húzható a mohácsi Duna-ágba egy ívelt vonal mentén (9. ábra, 10. ábra 4-es lineament), ez a Pilis–Mohács lineament. A lineament középső szakasza a Galga–Mohács lineamenttel azonos.



9. ábra. Árnyékolt gravitációs Bouguer-anomália-térkép néhány lineamenttel

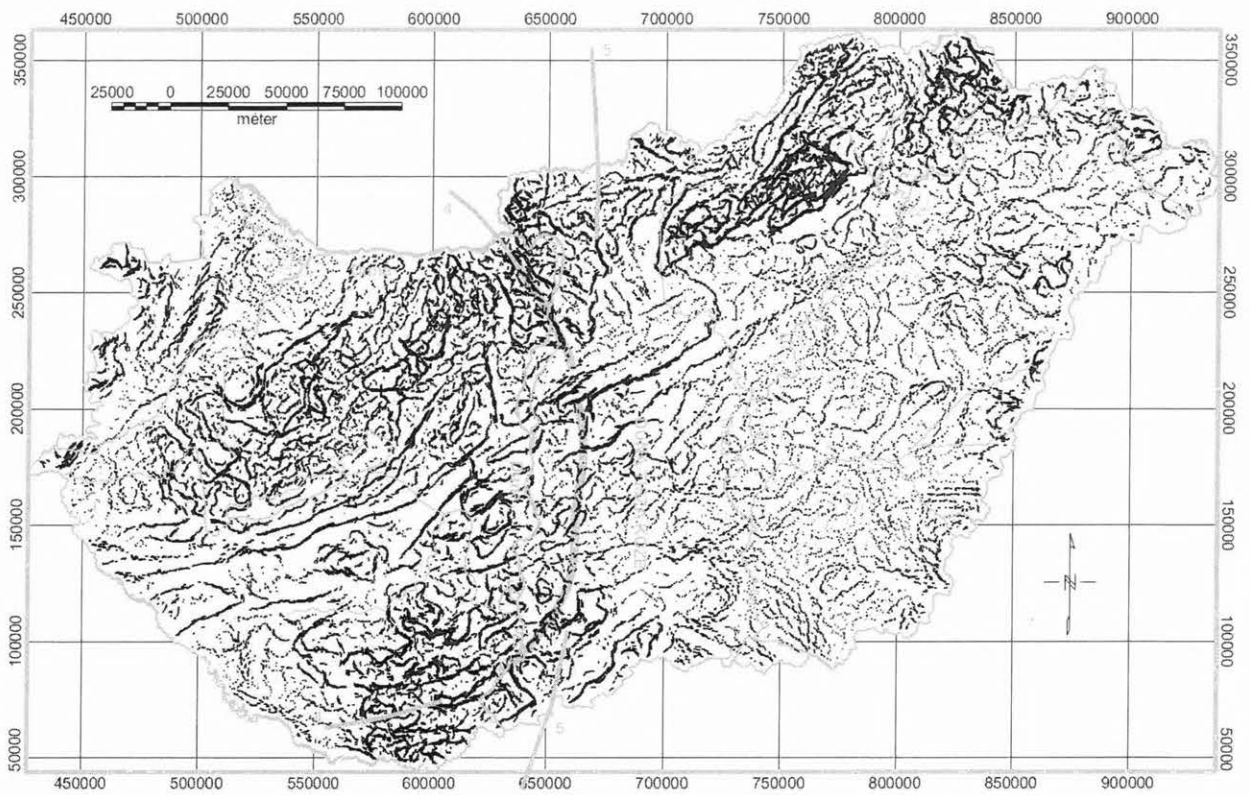
Fig 9. Bouguer anomaly map and several lineaments enhanced by shadowing

N°	A lineament leírása, azonosítás
1	Balaton-vonal (NyDNY–KÉK)
2	Kapos–Körös-vonal (NyDNY–KÉK)
3	Közép-magyarországi vonal (DNY–ÉK)
4	Pilis–Mohács-vonal (É–D ívelt vonal)
5	Galga–Mohács-vonal (ÉÉNY–DDNY)

4. táblázat. A 9. ábra gravitációs lineamentjei

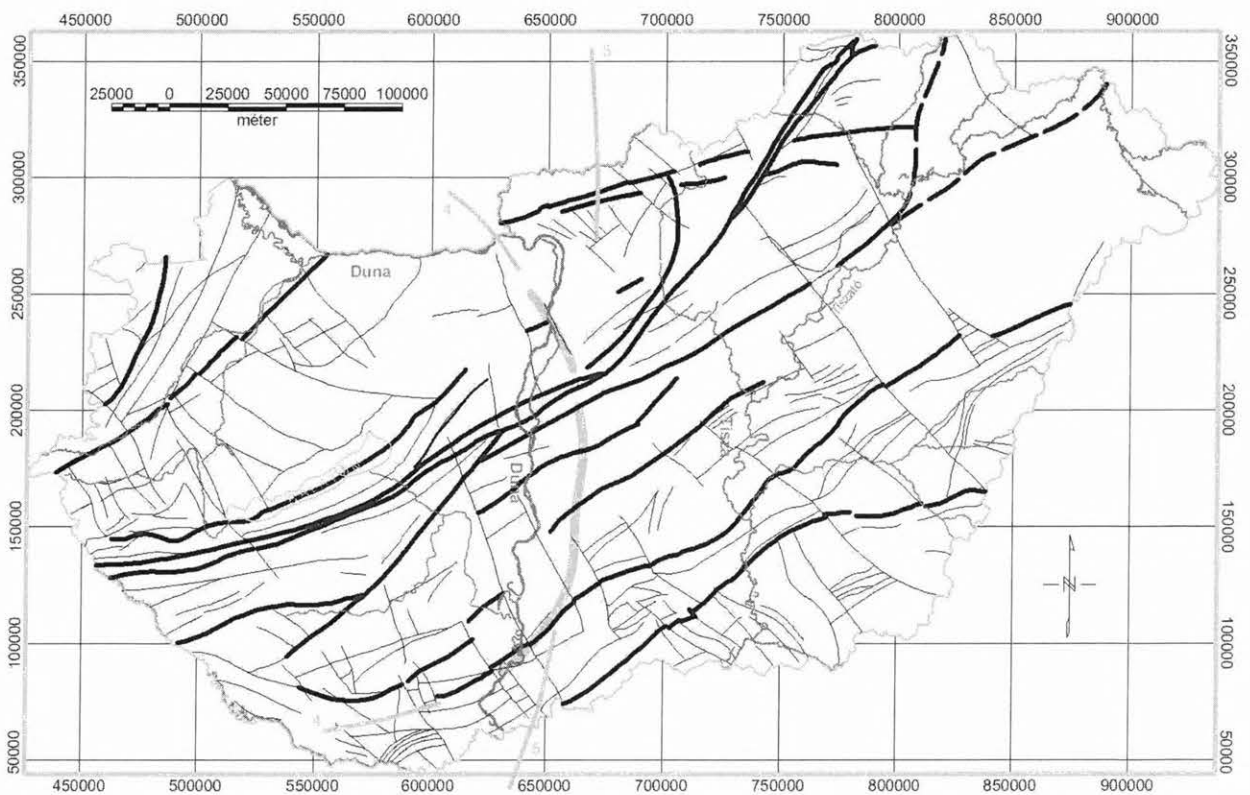
Table 4. The lineaments on the map of Fig. 9

Az országos szerkezetföldtani térkép nagyszerkezeti vonalait a 11. ábra mutatja. A nagyszerkezeti térképen a Pilis–Mohács-vonal (szürke színnel jelölve) csak a Csepel-sziget É-i részén, rövid szakaszon van azonosítva tektonikai vonalként. A Galga–Mohács lineamentnek mint tektonikai vonalnak nyoma sincs, mivel a fő nagyszerkezeti vonalak — a Bouguer-anomália-térkép alapján — elnyomják a hatását, tektonikai szempontból is alárendelt helyzetben van, pedig a Dunántúl irányából leszakadó Alföldnek ez az első (vagy második) szerkezeti lépcsője, amit gravitációs módszerrel ki is lehet mutatni.



10. ábra. Gravitációs hatóperem-térkép a Pilis–Mohács lineamenssel. 4 — Pilis–Mohács lineamens (szürke háttérszínnel a nyomvonal), 5 — Galga–Mohács-vonal

Fig. 10. Gravity edge map with the lineament "Pilis–Mohács". 4 — Lineament "Pilis–Mohács" (gray), 5 — Lineament "Galga–Mohács"



11. ábra. A főbb szerkezeti vonalak (fekete vonalak) vázlatosan az 500 000-es szerkezetföldtani térkép alapján [DANK, FÜLÖP 1990, módosítva]

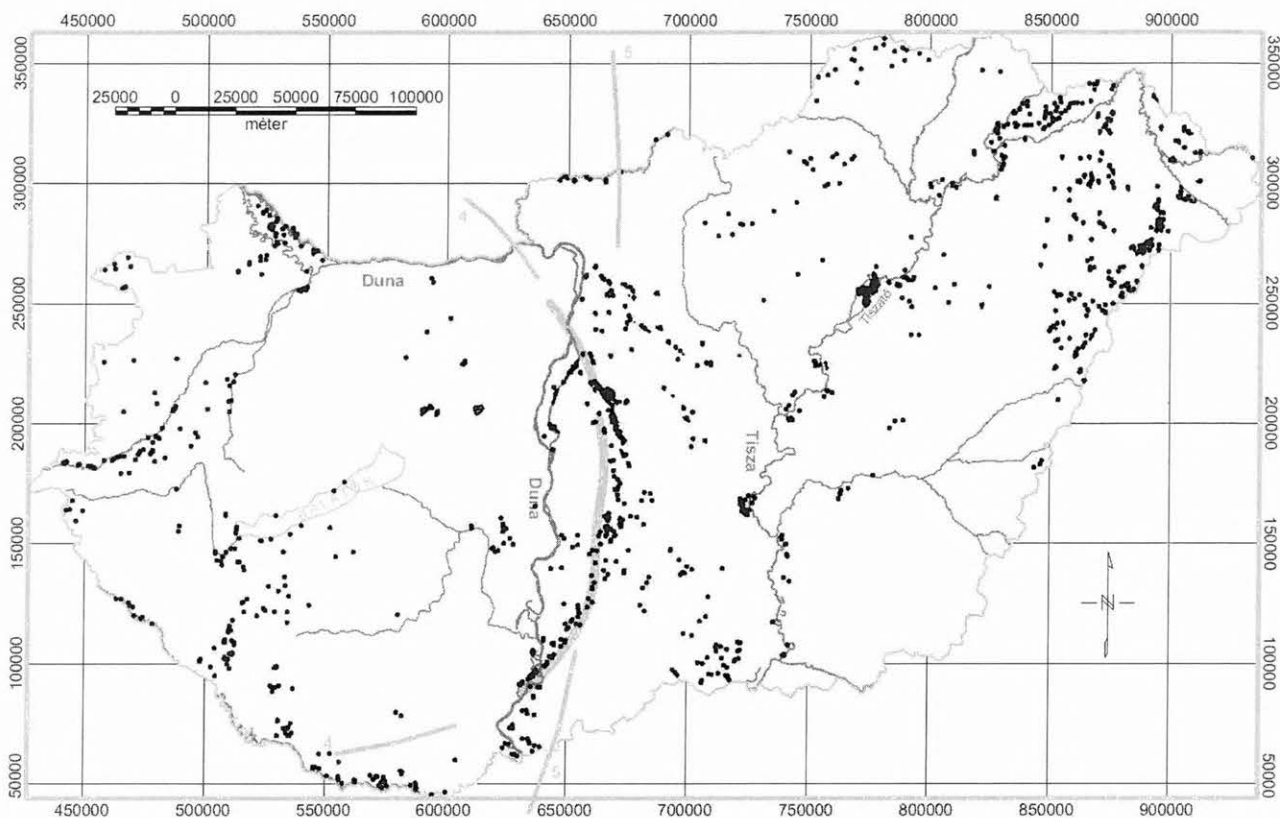
Fig. 11. Major structural lines (black) based on the 1: 500 000 geologic map [modified after DANK, FÜLÖP 1990]

A Pilis–Mohács lineamens azért érdekes, mivel a vonal mentén felfűzve nagyon sok lápi és szikes élőhelyet találunk (12. ábra).

A gravitációs lineamens (9., 10., 11., 12. ábra, 4-es vonal) egy olyan zónaként jelentkezik, amelyből nagy mennyiségű mélybeli vízutánpótlás jöhet a felszín közelébe, a

mélyégi vizek valódi megjelenését a tündérrózsás (disztróf) vízínövényi élőhelyek bizonyítják.

A felszín alatti vizek gravitációs áramlási rendszerének a domborzat által meghatározott ki- és beáramlási területeit az Alföld területére ALMÁSI PhD dolgozatában [2001] találhatjuk meg (13. ábra).



12. ábra. Feltérképezett lápi élőhelyek (fekete pontok) Magyarországon a Pilis–Mohács (4) és a Galga–Mohács (5) lineamensekkel

Fig. 12. Fen habitats in Hungary (black dots) with the lineaments “Pilis–Mohács” (4) and “Galga–Mohács” (5)

A tündérrózsza dominanciájú és a lápi és szikes sorozathoz tartozó élőhelyek a kiáramlási és az átmeneti (középvonal) területek közötti zónában jelentkeznek. A kiáramlási zóna egy széles sáv, ami a Duna menti síkságnak felel meg. A tündérrózsák ezen belül egy jól meghatározott vonal mentén jelentkeznek, aminek mi fontos jelentőséget tulajdonítunk.

A felszíni és gravitációs felszín alatti vizek ugyan biztosítják a vízi élővilág számára a folyamatos víz utánpótlást, de nem magyarázzák meg a tündérrózsás élőhelyeknek szükséges oxigénszegény mélyégi vizek jelenlétét. A kiáramlási zóna a mélybeli áramlatokat nem írja felül, csak módosítja azok megjelenését. A kiáramlás zóna egyben biztosítja a felszíni, felszínközeli vízutánpótlást [MÁDLNÉ et al. 2005].

Találunk elszórtan tündérrózsás élőhelyeket a vonal mentén távolabb is. Ebben az esetben már a lokális földtani felépítés határozza meg az élőhelyek kialakulását, illetve az áramlásviszonyokat. A beáramlási területek alatt jelentkező mélybeli felfelé áramló vizeket a felszínközeli gravitációs vizek az átmeneti, illetve a kiáramlási zóna irányába terelik. A szerkezetek mentén feláramló mélyégi vizek keverednek a gravitációsan meghajtott felszíni vizekkel, és

amelyik erősebb, annak az áramlásnak a hatása dominál. A mélyégi vizek megtámasztják, megterelik a felszíni vizeket és fordítva.

A Duna–Tisza közén tehát van egy nagymélységű (nem felszíni), jelentős sűrűségkülönbséggel jellemezhető határfelület (feltételezhetően szerkezeti zóna), amely mentén a mélybeli vizek — például a kürtőhatásnak köszönhetően — felfelé áramlanak.

A Pilis–Mohács gravitációs lineamens és a lineamens mentén megjelenő tündérrózsás élőhelyek (lápi sorozat) egy tektonikai eredetű közel függőleges, mélybeli (felszín alatti) folyadékáramlási rendszert jeleznek.

Következtetések

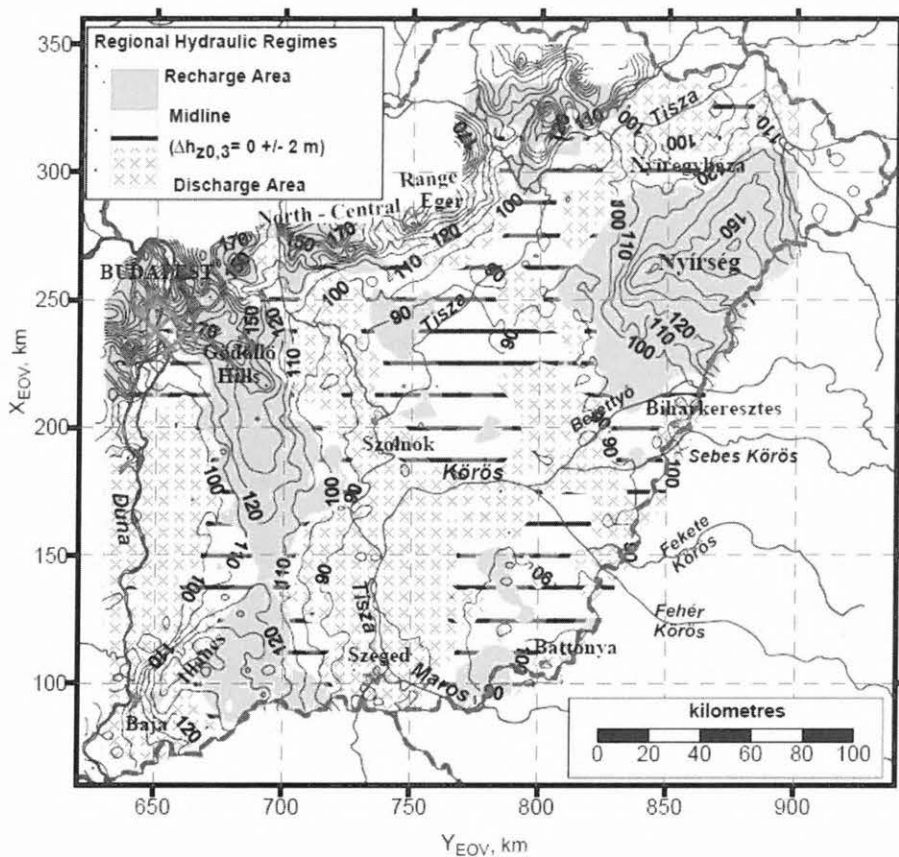
A fentiekből látszik, hogy több feltételnek is teljesülnie kell ahhoz, hogy a vízi, s azon belül is állóvízi lápi és szikes élőhelyek kialakuljanak:

1. Az állóvízi élőhelyek, a vastag, laza üledékek esetén (pl. Alföld) gyakran a meglévő, vagy különböző geológiai korú (ős)folyók mentén és/vagy azok lefűződött holtágiban alakulnak ki. Ezek a folyómedrek geológiai inhomogenitásként jelentkeznek a hidrodinamikai áramtér-

ben és megváltoztatják a csak domborzattól függő gravitációs áramlasképet, jobb vízellátást biztosítva az élőhelyeknek.

2. Ugyanilyen geológiai szerepet tulajdonítunk a geológiai törésvonalaknak is azzal a további kitételrel, hogy a törésvonalak geológiailag meghatározható esetekben ún.

hidrogeológiai „kürtőhatást” okozva a gravitációs rezsim áramlási rendszerét felülírják, így a két (a gravitációs és a túlnyomásos) rezsim határfelületét is módosítják. Ott, ahol a mélységi vizek dominanciája a jellemző, lápi és szikes állóvízi növényi élőhelyek alakulnak ki.



13. ábra. Domborzat által meghatározott hidraulikai rezsim [ALMÁSI 2001]

Fig. 13. Hydraulic regime determined by topography [ALMÁSI 2001]

Pontokba szedve a következők állapíthatók meg:

1. Mit jelez a tündérrózsás (disztróf) élőhely?
Ahol tündérrózsás élőhely van, ott jelentős és állandó felszín alatti, mélybeli vízutánpótlás van, valamint időszakos felszíni vagy gravitációs vízutánpótlás.
 2. Mit mutat a gravitációs anomália, hatóperem?
Ahol gravitációs lépcső, hatóperem van, ott eltérő sűrűségű kőzetek kerültek azonos szintben egymás mellé, ami szerkezeti vonalat, vetőt vagy képződményhatárt jelenthet.
 3. Hol találunk túlnyomásos rétegvizekre utaló felfelé áramlásokat?
Ahol gravitációs hatóperem mentén tündérrózsás élőhelyet találunk, ott egy mélybeli aktív törésvonal van, vagy egy olyan képződményhatár, ami áramlási pályát jelent a mélybeli vizeknek, amelyek nagyobb folyadékpotenciálja miatt hidraulikai kürtőhatás alakul ki.
- A jelenségek külön-külön is létezhetnek, mert nem minden gravitációs lineamens jelent permeábilis folyadékáramlási zónát és a túlnyomásos vizek a permeábilis, például közel horizontális rétegekben, messze elvándorolhatnak az utánpótlást jelentő szerkezeti elemtől, így máshol is kialakulhatnak lápi disztróf élőhelyek.

További bizonytalanságot jelent, hogy nem minden permeábilis vető jelentkezik a felszíni geofizikai mérésekben. A kis mértékű — de akár többször felújuló — elmozdulások, szerkezetek nem okoznak kimutatható változásokat a gravitációs erőterben.

Mindezek ellenére a tündérrózsák és a gravitációs lineamens együttes megjelenésénél feltételezhetjük azt, hogy a felszín alatti vizek feláramlása egy tektonikailag megbolygatott zónán, áramlási csatornán keresztül történik!

Cikkünkben azon kérdésekre kerestünk választ, hogy milyen biotikus-abiotikus környezeti jellemzők határozzák meg a tündérrózsás lápi élőhelyek kialakulását, hogy mit jeleznek a gravitációs nehézségi erőter anomáliái, és hogy hogyan lehet ezeket a tényezőket összekapcsolni. A vizsgálatok eredményeként sikerült egy olyan egyszerű és megalapozott ok-okozati rendszert felállítani, amely a botanikai feltételek, geofizikai térelméletek és a hidrogeológiai törvényszerűségek szempontjait is kielégíti.

A vizsgálatok ismételten felhívják a figyelmet a geokörnyezettudományok interdiszciplináris jellegére.

Köszönetnyilvánítás

- Az OTKA (T 043100), az ELGI és az SZTE vezetésének, hogy hivatalosan, tudományos együttműködése keretében foglalkozhattunk a kutatási témával;
- TÓTH József professzor úrnak, hogy az ELTE hidrogeológiai doktori kurzusán [TÓTH 2005] tartott színvonalas előadásával, cikkeivel és esettanulmányaival lehetővé tette számunkra, hogy valamit megértsünk a tündérrózsák és a gravitációs anomália-tér kapcsolatából.

HIVATKOZÁSOK

- ALMÁSI I. 2001: Petroleum Hydrogeology of the Great Hungarian Plain, Eastern Pannonian Basin, Hungary. PhD értekezés, University of Alberta, Edmonton, Kanada (angol nyelven)
- BLAKELY R. J., SIMPSON R. W. 1986: Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. *Geophysics* **51**, 1494–1498
- DANK V., FÜLÖP J. 1990: Magyarország földtani atlasza: Magyarország szerkezetföldtani térképe M=1:500000, MÁFI
- DECAY J. W. H., KLUG M. J. 1979: Methane efflux from lake sediments through water lilies. *Science* **203**, 1253–1255
- DECAY J. W. H. 1980: Internal winds in water lilies: an adaptation for life in anaerobic sediments. *Science* **210**, 1017–1019
- DECAY J. W. H. 1981: Pressurized ventilation in yellow water lily. *Ecology* **62**, 1137–1147
- DECAY J. W. H., KLUG M. J. 1982: Ventilation by floating leaves in Nuphar. *Amer. J. Bot.* **69**, 6, 999–1003
- Élőhelyismereti útmutató — <http://www.novenyzetiterkep.hu/eiu/>
- FELFÖLDY L. 1984: Hidrobiológia — szavakban, Hidrobiológiai értelmező szótár, Vízügyi Hidrobiológia 13. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest
- JUHÁSZ Gy. 1991: Lithostratigraphic and Sedimentological framework of the Pannonian (s.l.) sedimentary sequence in the Hungarian Plain (Alföld) Eastern Hungary. *Acta Geologica Hungarica* **34**, 53–72
- KISS J. 2006: Magyarország gravitációs lineamenstérképe — első eredmények. *Magyar Geofizika* **47**, 2, 71–79
- LÁJER K. 1998: Bevezetés a magyarországi lápok vegetáció-ökológiájába. *Tilia* **6**, 84–238
- MÁDLNÉ SZÓNYI J., SIMON Sz., TÓTH J., POGÁCSÁS Gy. 2005: Felszíni és felszín alatti vizek kapcsolata a Duna–Tisza közti Kelemen-szék és Kolon-tó esetében. *Általános Földtani Szemle* **30**, 93–110
- MATTHÄI S. K., ROBERTS S. G. 1996: The influence of fault permeability on single phase fluid flow near fault-sand intersections: results from steady-state high resolution models of pressure-driven fluid flow. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* **80**, 1763–1779
- SZALMA E. 2003: Vízínövények életformája és élőhelyeik szerinti csoportosítása. PhD értekezés, Debreceni Egyetem TTK
- SZALMA E., KISS J. 2006a: Paradigmaváltás a hidrobiológiában, avagy hol alakulnak ki a lápi és szikes élőhelyek? The 13th Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged. Abstracts of the conference p. 19–23
- SZALMA E., KISS J. 2006b: A Kiskunsági Nemzeti Park területén található felszín alatti vizektől függő vizes élőhelyek botanikai és geofizikai vizsgálata. *Hidrológiai Tájékoztató* **61–62**
- TÓTH J. 1999: Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations. *Hydrogeology Journal* **7**, 1–14
- TÓTH J., ALMÁSI I. 2001: Interpretation of observed fluid potential pattern in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. *Geofluids* **1**, 1, 11–36
- TÓTH J. 2005: Felszín alatti vizek gravitációs áramlási rendszere: alapfogalmak, vizsgálat és felhasználás. Doktori Kurzus (Előadás és szeminárium), ELTE Földrajzi, Földtudományi Intézet, Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék
- Vízföldtani atlasz 1958, MÁFI

Az árapály és a dagálysúrlódás nagyságrendjének áttekintése¹

ÓNODI TIBOR²

Néhány kagyló- és korallfaj mészvázának növekedésében napi, havi és éves ciklusok figyelhetők meg, ezekből megállapítható, hogy az év napokban kifejezett hossza a geológiai korok folyamán változott.

Az Apollo-11 lézertükrére alapozott távolságmérések szerint a Hold évente 3,8 cm-rel (1½") távolodik a Földtől [1].

A Föld forgásának lassulását a modern időmérések és a történelmi csillagászati események feldolgozásai igazolják [2], [3].

Mindhárom jelenség oka az árapály jelensége. Ennek megállapítása mellett azonban fontos a mennyiség-tani elemzés is. Kérdés, hogy a három forrás energetikailag összhangban van-e egymással, és mekkora erők okozzák a jelenséget.

T. ÓNODI: Earth–Moon system and quantity of tidal friction

The life cycle of corals is influenced by the moonlight and tide motion and by the same way by the day and night cycle and seasons. Consequently the length of year and month can be defined on fossil coral reefs.

Based on measurement of laser-mirror on the Moon's surface, the orbit of Moon is about 38 mm higher each year [1]. The slowing rotation of Earth is also detected by modern time measurements [2], [3].

The tide force accelerates the Moon and slows down the Earth's rotation. As the angular momentum is a conserved quantity, the sum of angular momentum of Earth's rotation and the angular momentum of the Moon's orbit is constant. The cumulative energy of the Earth–Moon system is continuously decreasing. The "lost" energy converts to other energy forms, as tidal wave, deformation, grinding and finally thermal energy. The quantity of this energy conversion is comparable with the energy consumption of the industry, consequently even total exploitation of tidal energy could not substitute the fossil energy sources.

A Föld és Hold mozgása

A Hold a 27 nap 7 óra 43 perc 12 másodperc sziderikus holdhónapnak megfelelő periódusidejű keringő mozgást végez, a Hold fényváltozásai így a szinodikus keringési időnek megfelelő 29,5 napos ciklussal változnak. A kétféle hónap oka, hogy a Föld keringése miatt a Holdnak egy kicsit tovább kell keringenie, durván a kör 1/12-ével, hogy újra ugyanabba a fázisba kerüljön. A Hold a Föld–Hold rendszer közös tömegközéppontja körül kering, ez a tömegközéppont 4670 km-rel eltér a Föld középpontjától.

A Föld a Nap körül is kering 365,2122 napos ciklusidővel (szakszóval: tropikus év). De tengelykörüli forgást is végez, 23h 56' 4" periódussal. A Nap így körülbelül 24 óránként delel. A keringés miatt ugyanis egy kicsit többet kell fordulni a következő delelésig, a Földnek 365 nap alatt 366-szor kell megfordulnia. Csakhogy a Föld keringési szögsebessége változik, ezért a téli napközelség idején gyorsabban kering és így a napórával mért nap hosszabb 24 óránál. Ez magyarázza azt a jelenséget, hogy december első napjaiban 4 órákor már sötét van, viszont a téli napforduló idejére már érezhetően nyúlik a délután. A legsötétebb reggelek viszont január elejére esnek.

A Föld–Hold és a Nap–Föld rendszer pályája közel egy síkba esik, mindössze 5° 8' az eltérés, míg a Föld forgástengelye közelítőleg 23° 27' nagyságú szöget zár be az ekliptika síkjával, ennek a hatását pontosabb számítások esetében figyelembe kell venni.

A fentiek előrebocsátása azért fontos, mert a továbbiakban minden számítás a sziderikus időkön alapul, mivel ez

fejezi ki a tényleges mozgást. Az így számított értékekből a 2. táblázat a visszszámolt, a polgári életben megszokott, tehát a fényváltozáson alapuló napokat és hónapokat is tartalmazza. Mellesleg a korallok is a fényváltozásokhoz időzítik az élettevékenységüket.

Árapály

A Hold vonzása következtében a delelő Hold irányába ható gravitációs erő egy kicsit kisebb, pontosan 1/285864-ed részével, $34,3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$ -tel kisebb, mint a felszíni gravitáció. A Föld ellentétes oldalán viszont a tömegközéppont körüli keringés következtében ható röpítő erő ellensúlyozza, hogy itt a Hold irányába ható vonzóerő 1/305481 részével, $32,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$ -tel kisebb, mint a nehézségi gyorsulás átlagos értéke. A különbség $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$, ennek fele 36 cm-rel emeli meg a potenciálfelületet a Hold irányába és ugyanennyivel süllyeszti erre merőlegesen. Azért fele, mert a harmadik tengely irányába nincs változás, a forgástengely környékén az „örök apály” uralkodik. A világtengereknek a potenciálfelülethez igazodni igyekvő mozgásáról nevezzük a jelenséget árapály jelenségnek és a jelenséget okozó erőket árapály erőknek.

A Hold által keltett árapály periódusideje 12 óra 20 perc (24 óra 40 percenként kétszer). Kérdés, hogy ebből az energiából mennyi vész el a súrlódásra, mennyi a rugalmas alakváltozás, és milyen rezonanciákat jelent. Mindenesetre sok kötött keringést végző, szilárd felszínű hold és a két belső bolygó, de különösen a Merkúr esete bizonyítja, hogy a dagálysúrlódás a szilárd felszínű égitesteknél is jelentős.

A Nap által okozott árapály következtében a nehézségi erőter potenciálfelülete közelítőleg 16,5 cm-t változik, mert bár a vonzóerő nagyobb, de az árapály erő a távolság harmadik hatványával csökken.

¹ Beérkezett: 2007. március 10-én

² H-5000 Szolnok, Bajcsy-Zsilinszky u. 8.

Az árapály erők a szárazföldekre is hatnak, és ha a tengereknek nem lenne külön mozgásuk, nem is lehetne hété-köznapos módszerekkel észlelni.

A Nap által keltett árapály viszont 12 órás ciklussal jelentkezik. A Nap és a Hold árapályhulláma egymásra szuperponálódik, újholdkor és holdtöltekor összegződik — ezt nevezzük szökőárnak (nem tévesztendő össze a tengerek alatt bekövetkező földrengés által okozott cunamival, a szökőhullámmal), első és utolsó negyedkor viszont, amikor a két hatás gyengíti egymást, vakár a neve.

A Föld hidroszférája nem ennyire szabályosan reagál az árapály erőkre. A tengereken a dagály magassága sokszorosra lehet a számítottak, mivel az árapály a hullámmozgás törvényei szerint nem csillapodik le azonnal, hanem ide-oda hullámzás és hullám-visszaverődés formájában alakítja ki az apály-dagály képet [4], [5], [6]. Ha a Hold hirtelen eltűnne, az óceánok árapályja csak több napos késéssel csillapodna le, azaz az árapály energiája a tengerekben tárolódik is.

A tengervíz egy részének elmaradása a Föld forgásától, valamint a kéreg deformációjából eredő súrlódás részben fékezi a Föld forgását, ugyanakkor a Föld–Hold tengelyre merőleges súlyponteltolódás miatt a gravitációs erő által gyorsítja a Hold keringését, az viszont az úrhajózási paradoxon szerint magasabb pályára kerül, és emiatt lassul.

Geológiai adatok

Az egyes kagyló- és korallfajok mézsvázának növekedésében megfigyelhető ciklusok havi ingadozását az okozza, a Hold és Nap konstellációjából adódó vakár és szökőár jelentősen befolyásolja a korallok életfeltételeit. A fosszilis korallok növekedésvonalai adták a legszebb és legmeglepőbb eredményeket — pl. a *Metridium* korall függőleges növekedési vonalain alapján (FLÜGEL 1975, [7] p. 114–120) az év hosszúra az 1. táblázatban látható eredmények adódtak.

Millió éve	0	65	135	180	230	345	500	600
Év akkori napban	365	371	377	381	385	390	412	424

1. táblázat. Az év hossza ([7] szerinti geológiai időkben)

Table 1. Length of year in days in geologic times

További megállapítás, hogy a devon koralloknál (345–396 millió éve) havi növekedésváltozást észleltek, és ezek a növekedésvonalak átlagosan 30,6 napos kötegekbe ren-

dződtek, éles vonalakkal elválasztva, amik a lárvák kirajzásával magyarázhatók.

A fenti táblázat alapján, az összes bizonytalansággal számolva, az év napjainak száma 10 millió évenként majdnem egy nappal kevesebb, azaz a nap hossza durván 3 1/3 perccel nő ezalatt.

A másik érdekes eredmény, hogy ha a devon koralloknál a napi növekedésvonalak átlagosan 30,6-es kötegekben rendeződtek, azaz a holdfázisok ennyi időközönként követték egymást, akkor a fenti táblázat szerint számított és a geológiai értékek jól egyeznek. Az adott számítási modell érdekessége, hogy 4 milliárd évre visszamenőleg hihető értékeket ad, bár valószínűleg komoly korrekcióra szorul, hiszen az árapályhatás a lapultságtól és a Hold távolságától függően változik. Még tovább menve, 4,3 és 4,35 milliárd év körül komoly belső ellentmondásokat láthatunk. Nem biztos, hogy ez a Föld–Hold rendszer kialakulásának az ideje, de az árapály erők jelenlegi adataira alapozva a kezdeti állapot nem írható le.

A [8] forrás adataiban belső ellentmondás van, mert állítása szerint 900 millió évvel ezelőtt a nap 18 órás volt, a másik állítás szerint évszázadonként 1,5 (1,48) milliszekundummal nő, gyors számolás után kiderül, hogy a 6 órássá (21 600 s) rövidülés 9 millió évszázad alatt átlagosan 2,4 ms-mal rövidülne. (Igaz, ez viszont már több, mint a cikk szerinti eredmény.)

A Föld–Hold rendszer mozgása geológiai időtávlatban

Az Apollo-11 lézer-reflektorai által mért 38 mm/év növekedés a Hold távolságában 2 ms/évszázad lassulást tetel fel. A Kepler-törvény értelmében ugyanis az évi tíz milliárdod rész távolodás millió évenként egy tized rész távolodást jelent ez linearizálható formában a keringési idő másfél tized részének megfelelő növekedést jelent millió évenként, azaz durván 0,035 s keringési idő növekedést 100 évenként.

Az 1. táblázatbeli idők mellett 2 ms/100 év egyenletes naphossz növekedéssel és az egyenletesen távolodó Holddal számolva a 2. táblázatbeli értékek jönnek ki. A Föld lapultsága annyiban érdekes, hogy néhány geológiai jelentőséget ez is befolyásol. A lemeztektonikában például figyelembe kell venni, hogy egy kontinentális lemez észak-déli irányú mozgása a lapultsággal arányos deformációval is jár. Gömbfelület gömbön deformáció nélkül csúsztható és forgatható.

Millió éve	0	65	135	180	230	280	345	500	600
Nap/év	365	371	377	381	385	390	396	412	424
Nap/év(számított)	365,24	370,82	377,02	381,12	385,78	390,56	396,94	413,05	424,15
Naphossz (s)	86 400	85 100	83 700	82 800	81 800	80 800	79 500	76 400	74 400
Szider. hónap (s)	2 360 592	2 337 840	2 313 338	2 297 586	2 280 085	2 262 583	2 239 831	2 185 576	2 150 573
Szider. hónap/év	13,368	13,498	13,641	13,753	13,840	13,947	14,089	14,439	14,674
Akkori nap/holdhó	29,53	29,67	29,82	29,93	30,04	30,17	30,33	30,74	31,02
Föld lapultsága	1/299	1/290	1/281	1/275	1/268	1/262	1/253	1/234	1/222

2. táblázat. A Föld forgásának és a Hold keringésének visszszámított értéke

Table 2. Rotation time of Earth and orbital period of Moon as calculated back

A még régebbi, prekambriumi idők árapályára további információt jelentenek a rhodéziai sztromatolitok [7]. A sztromatolitizációk jórészt az árapályövben képződtek és lemez felépítésűek. A kalcitrétegek 20-as csoportokba rendeződnek, ez pedig a szökőár-vakár ciklus szerint fél szinodikus hónapot jelent. A fenti adatokat 2,8 milliárd évre lineárisan visszavetítve 47,48 nap/hónap arányt kapunk. Ez a 20%-on belüli hiba arra utal, hogy kellő korrekcióval a földtörténet igen korai szakaszára is alkalmazható a dagállyúrlódás itt leírt modellje.

Történelmi csillagászati adatok

Egyik mellékága ennek az okfejtésnek hatással van a történelmi dátumokra is. Miután a nap hossza évszázadonként 2 ms-mal, azaz naponta 0,054758 μ s-mal nő, ennek halmozódása több száz év alatt jelentős lehet. Különösen fontos ez a teljes napfogyatkozások értékelésénél, mivel a teljesség sávja kb. 150 km, ami kb. 6 percnél felel meg, ez pedig már 300–400 év alatt összejön. A részleges napfogyatkozásokat pedig, lévén kevésbé drámaiak, nem mindig jegyezték fel. Így a napfogyatkozásokra igazított kronológiával óvatosan kell bánni.

Az időeltolódás Y évvel, illetve C évszázaddal ezelőtt:

$$\Delta t = 54,758 \cdot 10^{-9} \cdot (365,2422 \cdot Y)^2 / 2 = 0,00365241 \cdot Y^2 = 36,5241 \cdot C^2$$

A [3] által közölt, napfogyatkozások feljegyzéseiből visszszámolt adatok 22,5 és 46,5 között változnak, ami 1,23–2,54 ms/évszázad lassulást jelentene, elég hektikus változásokkal. Más irodalmi adatok ezt 1,4 ms/évszázad [8] és 1,11 ms/évszázad [9] értékben állapítják meg.

Egy 3500 évvel ezelőtt a Közel-Keleten leírt csillagászati eseménynél például ez az időeltolódás 44742 másodperc, ami a Föld 186 fokkal történő elfordulásának felel meg. Így viszont az adott esemény éppen a Föld túlsó oldaláról látszott. Ezer évvel ezelőtti eseménynél is 15 fokos eltolódást jelent szélességi körben, ami például egy teljes napfogyatkozás esetén jelentős, hiszen nem mindegy, hogy Bizáncból vagy Bagdadból volt látható.

Az időeltolódás számításánál figyelembe kell venni, hogy jó néhány nap volt az utóbbi évszázadban, amikor ezt a lassulást egy szökőmásodperccel helyesbítették, hogy az időeltolódás megszűnjék.

A Föld–Hold rendszer energetikai viszonyai

A Föld belsejének sűrűségeloszlását a PREM (Preliminary Reference Earth Model) adja meg, segítségével a Föld tömege és tehetetlenségi nyomatéka ellenőrizhető [10]. A külső mag, az alsó és a felső köpeny esetén jó közelítést ad a lineáris eloszlás (3. táblázat). Miután a Föld tömege és tehetetlenségi nyomatéka csillagászati úton is meghatározható, csak az a földmodell fogadható el, amely alapján mindkét mennyiség egyezik a csillagászattal is.

A gömbhéj tömege:

$$dm = 4 \cdot \rho \cdot \pi dr \quad (1)$$

ahol

r — sugár (m)

ρ — sűrűség (kg/m^3).

dr vastagságú gömbhéj tehetetlenségi nyomatéka:

$$d\theta = 8/3 \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^4 dr. \quad (2)$$

Ebből kiindulva és az (1), (2) egyenleteket integrálva kapjuk, hogy a Föld tömege $5,868745 \cdot 10^3$ Et (a pontos érték $5,974 \cdot 10^3$ Et), a Föld tehetetlenségi nyomatéka pedig $7,850751 \cdot 10^{10}$ Et \cdot km 2 (a pontos érték $8,02 \cdot 10^{10}$ Et \cdot km 2). A hiba a tömeg számításánál mindössze 1,7%, a forgási ellipszoid alakot figyelembe véve ez a hiba felére csökken. Tehát a köpeny határai közt lineáris tömegeloszlást nem nagyon kell korrigálni. (Megj.: E=Exa-, 10^{18} .)

	Mélység [km]	Sűrűség [kg/m^3]
Kéreg	0– 30	2500– 2900
Felső köpeny	30– 700	3300– 4300
Alsó köpeny	700–2900	4300– 5500
Külső mag	2900–5150	10000–12300
Belső mag	5150–6371	13300–13300

3. táblázat. A Föld belsejének sűrűsége [3]

Table 3. Density vs. depth of the Earth

Hasonló megállapítást tehetünk a tehetetlenségi nyomaték értékére is. Itt ez a durva számítással is mindössze 2% körüli hibát eredményez. A forgási ellipszoiddal számolva szintén felére csökken a hiba.

A további számításokban az általánosan elfogadott értékek lettek figyelembe véve. Ezek alapján kiszámítható a Föld perdülete és mozgási energiája (4. táblázat).

Millió éve	nap/év	Perdület, Π (Et \cdot km 2 /s)	Kinetikus energia, E (EJ)
0	365	5,833694E+6	2,126999E+11
65	371	5,925407E+6	2,194403E+11
135	377	6,020978E+6	2,265761E+11
180	381	6,084692E+6	2,313967E+11
230	385	6,148406E+6	2,362681E+11
280	390	6,228048E+6	2,424287E+11
345	396	6,323620E+6	2,499260E+11
405	403	6,435119E+6	2,588173E+11
500	412	6,578476E+6	2,704772E+11
600	424	6,769618E+6	2,864233E+11

4. táblázat. A Föld perdülete és mozgási energiája

Table 4. Angular moment and kinetic energy of Earth

Sokkal érdekesebbek a különbségek évi átlagai. Fel-tűnően egyenletesek a változások. Amennyiben ezek el-térnek a jelenlegi pontos mérésektől, az még mindig ma-gyarázható azzal, hogy itt százmillió éves átlagokról van szó, amelyben még egy-két jégkorszak tömegátrendeződése is elvész (5. táblázat).

Miközben a Föld perdülete a fenti értékekkel csök-kent, addig a Hold impulzusnyomatéka a 38 mm/év sugárnövekedésből adódóan 1428271 Gt \cdot km 2 /s értékkel nő évente, ami 1-2%-on belül a fenti táblázat szórásába belefér. A Hold potenciális energiája $7,534$ EJ-lal nő évente, a mozgási energiája pedig $3,767$ EJ-lal csökken. Az összesített energia nyeresége tehát $3,767$ EJ. Ennyi-vel tudunk elszámolni a Föld energiavesztéséből, azaz kb. 3,7%-kal.

Millió év	$\Delta I/\text{év}$ (Gt·km ² /s)	$\Delta E/\text{év}$ (EJ)	ΔTd (s/év)
65–0	1410971	103,6984	2,062928E-05
135–65	1387290	102,7868	1,996021E-05
180–135	1394436	103,8714	1,985236E-05
230–180	1368316	102,4706	1,927809E-05
280–230	1408410	106,1743	1,958860E-05
305–280	1420077	107,9019	1,945158E-05
405–345	1485002	113,8701	1,998759E-05
500–405	1489566	115,5546	1,961104E-05
600–500	1559874	122,8724	1,995548E-05

5. táblázat. A Föld perdületének kinetikai energiájának és forgási idejének évi változása az adott időszak kezdetétől (I = perdület, Gt·km²/s)

Table 5. Yearly average change of Earth's angular moment, kinetic energy and rotation time from the beginning of the given period

Ezek alapján a Föld forgási sebessége évenként kb. 20 μ s-mal lassul, tehát ennyivel nő a nap hossza. A Föld lassulásából származó forgásienergia-veszteség 100 EJ/év körüli. Ez a földi hőáramból 6 mW/m² értéket magyaráz meg, ami több mint egy nagyságrenddel kisebb a tapasztalati értéknél (65 mW/m²). A radioaktív elemek bomlására épülő számításokat tehát csak a harmadik számjegyben szükséges korrigálni.

A világ kőolajtermelése 85 millió bbl/nap (bbl = „blue barrel”, a Standard Oil által használt hordókról elnevezve, 42 US gallon), ami a durva átszámítással 4,25 milliárd tonna/év termelésnek felel meg, ami 43 MJ/kg fűtőértékkel számolva kb. 170 EJ energiát jelent. Ez pedig első közelítésben azt jelenti, hogy az árapály energiája 100%-os kihasználás esetén sem pótolná az olajtermelést.

Következtetések

- Az árapály energiájának zöme az egész földkéregre hat, az óceánoké csak a látható zavar.
- Az energiaveszteség összemérhető az emberiség energiafogyasztásával.
- A földi hőáramnak csak a töredéke magyarázható az árapály energiaveszteségével.
- A geológiai módszerekkel nyomozható időben a lineáris modell jól alkalmazható, a Föld–Hold távolság 38 mm/év növekedése és a 2 ms/évszázad forgási idő növekedés ellentmondásmentesen illeszkedik egymáshoz és a paleontológia állításaihoz.
- A kezdeti 4 milliárd évvel ezelőtti időszakra a lineáris modell kiterjesztése ellentmondáshoz vezet, az időben csökkenő árapályerő viszont még nagyobb ellentmondást eredményez.

— A jövőben néhány milliárd évig a lineáris modell nyugodtan alkalmazható.

A kétoldalúan kötött keringés kialakulása, azaz a Föld lelassulása a keringési időhöz csak olyan hosszú időtávon következhet be, ami nagyságrendekkel több, mint a Nap várható élettartama. A kötött keringés a perdület-megmaradással és a Hold-pálya 557 000 km sugarával számolva a mostani nap hossza 55-szörösének megfelelő forgási idővel következne be. Ez állandó mértékű lassulással is legalább négy és fél milliárd évet jelent, de ha az árapályerő és a fékezőerő csökkenésével is számolunk, akkor több tízmilliárd évet jelent, tehát amíg a Nap süt, addig a Holdat is látjuk felkelni és lenyugodni.

HIVATKOZÁSOK

- [1] The Moon, <http://www.astro.auth.gr/antikatoptrismoi/nineplanets/nineplanets/luna.html>
- [2] The geophysical effects of the Earth's slowing rotation. <http://novan.com/earth.htm>
- [3] ESPENAK F.: Eclipse Predictions and Earth's Rotation. <http://sunearth.gsfc.gov/eclipse/sehelp/rotation.html>
- [4] CZELNAI R. 1999: A világóceán. Vince Kiadó
- [5] Oceans Levels?...Not Along Isthmus Coast. The Panama Canal Review, January 4, 1963. <http://www.serve.com/czbrats/articles/oceans.htm>
- [6] Sea level or lock type canal? Battle of the levels is not new. The Panama Canal Review, January 7, 1957. <http://www.serve.com/czbrats/articles/sealevel.htm>
- [7] BALÁZS B., FÉNYES I., GÉCZY B., HORVÁTH J. 1980: Mi az idő? Gondolat Kiadó, Budapest (114–120. o. FLÜGEL adatai)
- [8] The Moon. <http://www.nineplanets.org/luna.html>
- [9] Tides, the standard, but incorrect version. <http://www.this-magic-sea.com/tide.htm>
- [10] MESKÓ A.: A Föld szerkezetének megismerése. TV Egyetem, A változó világ II. A változó Föld p.29–38

A szerkesztőség megjegyzése:

1. A szerző számításainál a tetszőleges pontosságot adó sorfejtések helyett csak ezeknek első tagját alkalmazta, ezért megoldásai jó becsléseknek tekinthetők.
2. Akiknek a szerző érdekes okfejtése felkeltette érdeklődését, azok a téma részletesebb kifejtését megtalálhatják a következő szakkönyvekben:
 - EGYED L. 1956: A Föld fizikája, Akadémiai Kiadó, Budapest
 - MELCHIOR P. 1966: The Earth Tides, Pergamon Press
 - STACEY F. D. 1977: Physics of the Earth. John Wiley & Sons

HÍREK, BESZÁMOLÓK

FELHÍVÁS AZ SPWLA BUDAPEST CHAPTER MŰKÖDÉSÉNEK ÉS AKTIVITÁSÁNAK MEGÚJÍTÁSÁRA

Az SPWLA (Society of Professional Well Log Analysts) 1959-ben alakult meg az USA-ban. Az egyesület célja a mélyfúrásokban végzett geofizikai mérések értelmezésével foglalkozó szakemberek összefogása és szakmai támogatása volt. A társaság szakmai folyóirata a *The Log Analyst* 1960-ban jelent meg először. Nevét 2000-ben Petrophysics-re változtatták, ez a név jobban kifejezte a társaság tevékenységének irányvonalát.

A 80-as évektől kezdve több magyar geofizikus is tagja volt a nemzetközi szervezetnek, akik 1988 májusában megalakították az SPWLA Budapest Chaptert, amely egy a jelenleg világszerte működő 21 Chapter-ből. 2007-ben a tagdíjat fizető (75 USD aktív és 37,5 USD nyugdíjasoknak) rendes tagok száma kb. 10 fő.

A Budapest Chapter a kezdetektől fogva aktív tevékenységet folytatott, tevékenységének csúcspontja az 1990-ben Budapesten rendezett 13. European Formation Evaluation Symposium volt, amelyen 17 országból 247 regisztrált résztvevő vett részt. A 90-es években számos sikeres rendezvény fűződik a Chapter nevéhez. Az ezredforduló óta azonban a mélyfúrás-geofizikában dolgozók száma jelentő-

sen csökkent, a szakemberek többsége szervezeti átalakulások és a műhelyek megszűnése miatt tudományágat nem váltott, legfeljebb csak perifériálisan érintő területeken szóródott szét. Ennek következtében a Budapest Chapter aktivitása is fokozatosan csökkent, évek óta tisztújítást sem tudunk tartani az érdeklődés hiánya miatt. A mélyfúrás-geofizikával aktívan foglalkozó szakemberek többségét a MOL Nyrt., illetve a Geoinform Kft. tömöríti, megnövekedett munkahelyi terhelésük miatt egyre kevésbé jut idejük társadalmi feladatok ellátására. Fokozatosan csökken azon fiatalok száma is Magyarországon, akik ezt a szakterületet választják hivatásul.

Kérjük mindazokat, akik szívügyüknek tekintik e gazdag hazai hagyományokra támaszkodó tudományág további ápolását, hogy aktív szerepvállalással, illetve építő javaslataikkal segítsenek az SPWLA Budapest Chapter működési kereteinek megújulásában.

A javaslatokat a geophysic@mtesz.hu vagy jcsaszar@mol.hu e-mail címre várjuk.

Császár János

LÁTOGATÁS A PAKSI ATOMERŐMŰBEN



Az egynapos kirándulást a magyar EAGE csoport és az MGE közösen szervezte, 39 fő részvételével (aktív kutatók, egyetemisták, nyugdíjasok). Útban az atomerőmű felé — a szervezők lelkes munkájának köszönhetően — pár percre módunk volt a Pakson található, MAKOVECZ Imre által tervezett templomot megtekinteni, mely külső megjelenésében, belső szerkezetében, anyaghasználatában, bútorzatában az építésre oly jellemző egyedi hangsúlyos jegyeket viseli magán.

A templom megtekintését követően rövid utazás után 10 órára érkezünk meg az erőműhöz.

Első lépcsőben, mintegy bemelegítés gyanánt, a Tájékoztató és Látogató Központ tárlatán vezettek végig bennünket, makettek segítségével bemutatva az erőmű történetét és szerkezeti felépítését.



A múzeumi részleget a gyerekek érdeklődésének fenntartása céljából kipróbálható „játékszerekkel” is ellátták, melyek a mérnökök révén sem maradtak érintetlenek. Így sikerült megtudnunk, hogy egyes kollégáink akár egy porszívót is képesek működésre serkenteni, míg mások (persze csak a beállítás miatt) csupán turmix üzemmódban „használhatók”.

Ezúton szeretném felhívni a figyelmet azon kollégákra, akik rejtett reaktorként működnek, s befektetett munkájukkal még ezen kicsi mechanikus szerkezet mérési határát is képesek voltak kiakasztani. Rájuk ebben az energia-ínséges világban a továbbiakban — mint számba jöhető zöld energiára — mindenképpen számítnak.

A Paksi Erőműről néhány adat: az erőműben 4 db VVER-440/213 típusú nyomott vizes reaktor működik, ezek összteljesítménye 1850 MW, hőteljesítménye pedig 1375 MW. Ez éves viszonylatban az összes hazai energia-termelés 40%-át teszi ki.

A diffúziós kódkamra előtt is sokat ácsorogtunk, ezért szíves figyelmükbe ajánlom mindazon kedves útitársaimnak, akik nem fértek hozzá, vagy bővebb információt szeretnének működéséről, hogy a

<http://www.npp.hu/erdekesség/kodkamra/kodkamra.htm> címen animációs filmet láthatnak, és sematikus működési vázlatot találnak róla.

A múzeumi tárlat megtekintését követően, az erőmű területére csak többcellás biztonsági kapukon keresztül lehetett belépni, a személyazonosság ellenőrzését követően. Fényképezni tilos volt, ezért képekkel a benti látogatásról nem szolgálhatok. Az erőmű területén szakszerű idegenvezetés keretében, csak a látogatóknak engedélyezett útvonalon keresztül, biztonsági kísérettel haladhattunk. Módunk volt megtekinteni a generátorházat, a hatalmas csőrendszereket, melyek a gőzt szállítják a generátorhoz. (A zajvédelem céljából a generátorház előtt füldugó automata működött, melyet rendszeren meg-

csapoltunk, megnövelve ezzel az éves füldugó-fogyasztást.)

Majd (biztonsági üvegfalon keresztül) a 4-es blokk vezérlőtermét tekintettük meg, ahol — bár minden automatikusan működik — lehetőség van emberi beavatkozásra is. Ezt követően hosszú lépcsősoron keresztül felmáztunk a blokk tetejére, ahonnan (szintén biztonsági üvegfalon keresztül) rá lehetett látni az egész reaktorcsarnokra, többek között látni lehetett a 2 db reaktoraknát, a vízzel elárasztott pihentető medencét és az átrakó gépet.

A paksi látogatás záróakkordjaként a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolójának bemutatótermét tekintettük meg.

Majd rövid utazást követően Szekszárdon egy hangulatos kerthelységben megebédeltünk.

Kellemesen felfrissülve végezetül városnézésen vettünk részt. Megtekintettük a Városházát, egy barokk templomot, a Levéltárat, s a régi városfal maradványait a sétálóutcán.

Ezúton szeretném megköszönni a többi útitársam nevében is a látogatás megszervezését, és a kellemes programot HEGYBÍRÓ Zsuzsannának és BELLÉR Évának.

Törökné Sinka Mariann

A PRO GEOPHYSICA 2006. ÉVI KITÜNTETETTJEI

Valahogy más volt ez a Borbála napi ünnepség, mint az eddigi. Nemcsak azért, mert 2006. december 15-én tartottuk, tehát a szokottnál — objektív okok miatt — jóval később, hanem mindannyian átéreztük, hogy ez jubileum is.

Tíz évvel ezelőtt határozott úgy az ELGI vezetése (BODOKY Tamás igazgatóval az élen) és az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (ELGA) akkori elnöke SZABÓ Zoltán, hogy az ELGI tudományos tevékenységének kiváló művelőit, a tudomány szervezőit és ezeket a munkákat segítő kollégákat Pro Geophysica Emlékéremmel tünteti ki.

A kitüntetés, az ELGI-ben végzett munkán túl, egyúttal a magyar geofizikáért, annak hazai és nemzetközi elismerés-

séért, hírnevének öregbítéséért tett szolgálat bizonyítéka.

Javaslatot azok az ELGI-dolgozók tehetnek, akik legalább 10 éve az intézet dolgozói, azokra, akik legalább 20 éve szolgálják a magyar geofizikát az ELGI-ben. Minden lényeges dolgot a Pro Geophysica Emlékérem Alapszabálya rögzít.

Az ünnepélyes alkalom része, hogy az adott évben nyugdíjba ment kollégákat az igazgató köszönti egy 3 puttonyos tokai aszú vagy egy csokor virág kíséretében. Ebben az évben FARKAS Géza, HEGYMEGI László, TÓTH Lajos, VÁRADI László, VARGA Géza vehette át a finom italt FANCSIK Tamástól.



A 2006. évi Pro Geophisica kitüntetettjei (Balról jobbra: MAJKUTH Tamás, GILI László, TAKÁCS Ernő, LENDVAY Pál, PETŐCZ Viktor, LASZLOVSZKY Erzsébet, TÓTH Lajos)

Mint mindig, most is meghívtuk a Magyar Geológiai Szolgálat vezetőjét, akinek képviselőjében a Gazdasági Hivatal vezetője, HATVANI Istvánné jelent meg, valamint a társintézet (MÁFI) vezetőjét, akit dr. HALMAI János igazgatóhelyettes képviselt.

Az ELGI igazgatója köszöntő beszédében tájékoztatást adott az intézet eredményeiről, majd a konferenciaterem jubileumi csendjében felhangzó elismerő taps üdvözölte a kitüntetetteket és a nyugdíjba ment munkatársakat.

GILI László

1952-ben született Alsógödön. 1970-ben Budapesten a Landler Jenő Híradásipari Technikumban érettségizett, majd katonai szolgálat után 1976-ban a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki diplomát.

Az ELGI-ben 1979 óta dolgozik tudományos munkatársként. Első intézeti tevékenysége az ESS 01-24 mérnök-szeizmikus műszer fejlesztéséhez és előállításához kapcsolódik. Önálló konstruktorként részt vett a berendezés végleges rendszerének kialakításában, majd a hazai és exportmegrendelésekre készülő példányok bemérésében és műszaki átadásában. 1981–82-ben önállóan megtervezi és gyártásba viszi a műszer tengeri akusztikus mérésekre alkalmas változatát, valamint az R-11 számítógéphez illeszthető mikroszeizmológiai adatgyűjtőt.

1982-től vezetője a Szeizmikus Műszer-előállító Csoportnak. Vezetésével megindul az ESS műszerek exportja, valamint az újabb változatok és típusok kifejlesztése. Elkészül a bányabeli változat, az ESS 01-24M, a VSP változat, 1992-ben pedig a PC vezérelt ESS 03-24. Ezekből a műszerekből a világ számos országában, négy kontinensen 175 példány került eladásra. Közülük néhány még mindig használatban van és számtalan cikkben hivatkoznak ezekre a műszerekre.

1991-től a Mérnök-szeizmikus Műszerfejlesztő Osztály vezetőjeként, majd az intézeti átszervezések után egyetlen szeizmikus műszerfejlesztőként dolgozik. Azóta elkészült az ESS műszercsalád újabb tagja, az ESS 04-48. Az utóbbi időben kifejlesztette és gyártásba vitte az ELGI-DAS1 műszert, amely egy sokoldalúan használható háromkomponens adatgyűjtő. Ebből közel 50 példány készült és több nemzetközi expedícióban vett részt.

Munkájáért két alkalommal kapott KFH elnöki dicséretet. Több nemzetközi és hazai konferencián tartott előadást, valamint több tudományos cikk szerzője. Féltnacnyi diplomázó témavezetője és ipari konzulense volt.

LASZLOVSZKY Erzsébet

Szentendrén született 1953-ban. A gimnáziumot is Szentendrén végezte. 1984-ben Tatabányán szerzett geofizikus technikus képesítést.

1971. július 15-től dolgozik az intézetben. Munkáját a Számítógépközpontban, a Szeizmikus Elméleti Osztályon, valamint az utóbbi időben a Mérési Főosztályon végezte. Mindvégig a szeizmikus feldolgozás területén dolgozott, az analóg átjátszásoktól a legmodernebb 3-D-s feldolgozásokig.

1978-tól a gépkezelő és adat-előkészítő csoport vezetője. Az intézet valamennyi feldolgozó központját megismerte — Minicentrum, Minszk-32, R-10, R-35, R-61, az IBM-4361 gépeken futtatta az SZCSZ-3 programrendszert. Jelenleg a PROMAX feldolgozó rendszeren dolgozik. Legjelentősebb munkái a 2-D-s vonalak újrafeldolgozása, valamint a MOL mérésekhez kapcsolódó vonalak, valamint az első kísérleti 3-D mérések feldolgozása.

Jelenleg nagy szerepet vállal a szeizmikus adatbázis gondozásában, valamint a szeizmikus adatok szolgáltatásában. Munkáját ezen a területen is nagy szorgalommal és

lelkesedéssel végzi. Szerény, szorgalmas, kitartó és megbízható munkája eredményeképpen 1977-ben igazgatói dicséretben részesült.



Az ünneplő közönség egy része, elől HATVANI Istvánné, MGSZ és dr. HALMAI János, MÁFI

LENDVAY Pál

Született 1954-ben Miskolcon. A miskolci Földes Ferenc Gimnáziumban érettségizett. 1978-ban szerzett bányamérnöki diplomát a Nehézipari Műszaki Egyetem geofizikus szakán.

1978. szeptember 1-től dolgozik az ELGI-ben. 1994-ig a Mélyfúrás Geofizikai Főosztály Modelltelepén, 1994-től az Adatkezelési Főosztályon dolgozik.

Tevékenysége:

- mélyfúrás-geofizikai mérések elméleti és gyakorlati modellezése, kísérleti mérések természetes kőzetetelőkben a mérőszonda válaszfüggvényének és a korrekciós összefüggések közelítő meghatározása,
- mélyfúrás-geofizikai szondákhoz terepi kalibrációs etalonok kifejlesztése,
- új fejlesztésű műszerek terepi bemérése és átadása hazai és külföldi fúrásokban,
- részvétel a mikroprocesszoros karotázsbereendezés (KFU-4-12P) mérőprogramjainak elkészítésében,
- kísérleti segédanyagok, módszertani útmutatók elkészítése magyar és idegen nyelven a radioaktív mélyfúrás-geofizikai mérésekhez,
- mélyfúrás-geofizikai szelvények számítógépes feldolgozása, megjelenítése,
- mélyfúrás-geofizikai adatbázis létrehozása, fejlesztése, karotázsszelvények digitalizálásának koordinálása,
- geotermikus adatbázis kialakítása.

1992-től sugárvédelmi felügyelő. Feladata az intézeti izotóp nyilvántartás vezetése, a sugárvédelmi szabályzat elkészítése, aktualizálása, kapcsolattartás a szakhatóságokkal.

PhD fokozat megszerzésén munkálkodik a Miskolci Egyetem Mikoviny Sámuel Doktori Iskolán. Kollégánk szerényen, de széles spektrumban szolgálja az ELGI-t s így a magyar geofizikát.

MAJKUTH Tamás

A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán okleveles bányageológus mérnökként 1967-ben végzett.

A végzés után közvetlenül a Magyar Állami Eötvös Lo-

ránd Geofizikai Intézetnél helyezkedett el. A terepi munkák ismereteinek elsajátítása után szeizmikus csoportvezetőként végzett lelkiismeretes, sikeres munkát.

1978-tól tudományos főmunkatársként (osztályvezető-helyettesi beosztásban) önálló témacsoportot vezetett. Feladata a Velencei-hegység földtani-geofizikai előkutatása volt. Ezzel párhuzamosan a Zsámbék és Tarján újonnan felfedezett barnakőszén-terület, a Bokod-III, Márkushegy-Ny, Lencsehegy-D kutatási területek, Nagyegyháza, Mány bányaterület földtani-geofizikai barnakőszén kutatási feladatain dolgozott. A bányavízvédelem kérdéseinek fontosságát átérzve annak megoldási lehetőségeiről előadásban és publikációiban is foglalkozott.

Külföldi munkái: 1974–75-ben Mongólia (vízkutató expedíció), 1977-ben és 1986-ban Ausztria (szén- és olajkutatás), 1987-ben Kuba (bauxit- és foszforitkutatás). E munkák során felsőfokú német, középszintű orosz és spanyol nyelvtudásra tett szert.

1988 végén történt kényszerű nyugdíjazása óta sem szakadt el a tudományos és geofizikai munkától. Elsősorban a koncessziós köszénkutató területek összefoglaló geofizikai értékelésében, majd az egyes, még kutatás alatti barnakőszén-területek (Zsámbék-É) új eredményeinek értelmezésében vett részt.

Rendkívüli szorgalma, együttműködési készsége párosult a terepi és feldolgozási ismereteivel, komplex értelmezési téren szerzett gyakorlati tudásával és kiváló elméleti felkészültségével. Kutatási jelentései és az ELGI évkönyveibe írt publikáció ma is fontos forrásmunkát jelentenek.

Kitüntetései: 1970-ben Igazgatói dicséret, 1977-ben KFH Elnöki dicséret, 1980-ban KFH Kiváló munkáért.

PETŐCZ Viktor

1930-ban született az akkor csehszlovákiai Pozsonyban.

Tanulmányai elvégzése után elektroműszerész szakmát szerzett 1950-ben. Először a Műszeripari Kutatóintézetben (MIKI) dolgozott tudományos munkatársként (1952–1954), majd a Geofizikai Mérőműszerek Gyárában (GMG) gyártmánytervező tevékenységet folytatott.



PETŐCZ Viktor mélyfúrás-geofizikai műszerfejlesztő átveszi a kitüntetést FANCSIK Tamás igazgatótól és PÁLYI András kuratóriumi elnöktől



Vidám kézfogás. A nyugállományba vonult HEGYMEGI Lászlót köszönti FANCSIK Tamás

Az ELGI-be 1968-ban került és az elektromos műszerfejlesztés egyik meghatározó egyénisége lett. Ebben az időben legfontosabb munkája volt a négyszögjelen spektrumfrekvenciás karotázberendezés (K500-2) fejlesztése és a szelvényezési eljárás kidolgozása. Ez a berendezés komoly szerepet játszott a hazai és a volt szocialista országok víz- és szilárdásvány-kutatásában, de több táboron kívüli országba is exportálta az ELGI.

A nagy fajlagos ellenállású képződmények mérésére az ő vezetésével dolgozták ki a négyeres hételektródás félvezetős laterolog berendezést 600 és 2500 m-ig, a kilencelektródás laterologot 600 m-ig.

Olajkutatói céllal fejlesztették ki az alacsonyfrekvenciás indukciós szondát (a Hódmezővásárhelyi fúrásban 5800 m-ig 218 °C-ig), és mélyfúrásokhoz (6000–7500 m-ig) ellenállás- és SP-szelvényező berendezést.

Részt vett a kínai olajkutatói expedícióban, amiért 1958-ban Barátság Emlékérmét kapott, majd 1959-ben a Csou En-laj miniszterelnök által adományozott állami kitüntetés birtokosa lett.

Itthon megkapta a Földtani Kutatás Kiváló Dolgozója kitüntetését.

Kutatási eredményeivel hűségesen szolgálta az intézetet, és sokat tett (elsősorban a baráti országokban) exportált berendezéseinek népszerűsítésével a magyar geofizika hírnevének erősítéséért.

Dr. TAKÁCS Ernő

Budapesten született 1957-ben. Középiskolai tanulmányait Miskolcon a Földes Ferenc Gimnáziumban végezte. A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen 1980-ban szerzett bányamérnöki diplomát.

Mint kutatómérnök (kezdetben segédmunkatársként, majd munkatársként) sokoldalú ismereteket szerzett és állandóan fejlesztette azokat a szeizmikus kutatás területén. Mindezek eredményeképpen 2001-ben elvégezte a Miskolci Egyetem Mikoviny Sámuel Doktori Iskoláját és PhD fokozatot szerzett.

1980 óta dolgozik az ELGI-ben. A szeizmikus terepi munkáknál beosztottként, majd csoportvezetőként kitűnt pontosságával, szorgalmával, kiváló értelmezési és gyakorlati készségével. 1996–99 között a Geofizikai Kutatási

Főosztályt vezette. Kiemelkedő eredményt ért el a mélyszeizmikus és a szénhidrogén-kutató szeizmikus mérések feldolgozásában és értelmezésében.

PhD értekezésében („Az AVO alkalmazási lehetőségének vizsgálata”) kifejtett eredményeit továbbfejlesztve az attribútum szelvények és a vertikális szeizmikus szelvényezés felhasználásával a reflektáló felületek környezetének anyagi minőségére, majd a teljes üledéksor rugalmassági paramétereire következtetett.

Jelenleg meghívott kutatóként Kanadában, a University of Saskatchewan-on dolgozik.



TAKÁCS Ernő kitüntetésének DOBRÓKA Mihály professzor úr is örül

TÓTH Lajos

1944-ben született Dunaföldváron, itt is érettségizett a Magyar László Gimnáziumban.

Egyetemi tanulmányait 1962-ben a Leningrádi Állami Egyetem fizikus szakán kezdte, majd hazatérve az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán, programozó matematikus szakon fejezte be.



Baráti beszélgetés az ünnepség után. Aki előad, NAGY Zoltán, akik derűsen hallgatják, MOLNÁR Károly és BARÁTH István

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetbe 1971. február 1-jén lépett be, egy időben az ELGI első nagyszámítógépének, a Minszk-32-nek az üzembe helyezésével. Nyelvtudása révén vált elérhetővé magyar nyelven a gép több ezer oldalas dokumentációja. Az első években az általános szoftver és a szeizmikus feldolgozó programsomagok fejlesztésén dolgozott, fordított, tolmácsolt, az intézet keleti műszerexportját szervező és lebonyolító csapatot segítette.

Műszerbemutatók, kísérleti mérések és üzleti tárgyalások során a Fidzsi-szigetektől és Tahititől a Jeges-tengeren át az uráli kálisóbányáig bejárta a világot és kapcsolatba került a geofizika számos ismert képviselőjével. 1990 után a keleti piacok eltűnése és a műszergyártás leállítása után az intézet nemzetközi kapcsolatait látta el, továbbra is segítve minden olyan területre, ahol nyelvtudásra és szerzőképességre volt szükség.

1992-ben, amikor megújult a Magyar Geofizika szerkesztőbizottsága, TÓTH Lajos vállalta, hogy a nemzetközi

kapcsolatok továbbvitele mellett a lapot is szerkeszti, és IBM 286-os PC-jén megpróbálja technikailag magasabb színvonalon életben tartani a lapot. Szerkesztőként hosszú évek óta már a szedés, tördelés, képszerkesztés, nyelvi lektorálás is az ő feladata.

A Magyar Geofizikusok Egyesülete Emléklapjának és Renner János emlékéremnek boldog tulajdonosa. 1974-ben Igazgatói dicséretet, 1982-ben KFH Elnöki dicséretet kapott.



Az ünnep utáni fogadás kedves pillanata

TÁJÉKOZTATÓ AZ EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI ALAPÍTVÁNY (ELGA) JAVÁRA FELAJÁNLOTT 1%-OK FELHASZNÁLÁSÁRÓL

Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány kuratóriuma köszönetet mond mindazoknak, akik 2005. és 2006. évi személyi jövedelemadójuk 1-1%-át alapítványi céljaink támogatására ajánlották fel. Tájékoztatjuk a Tisztelt Olvasót, hogy az APEH értesítése alapján beérkező teljes összeget:

- a 2006. évi 33 147 Ft-ot, azaz harmincháromezer-egyszáznegyvenhét forintot 2007-ben a Szilárd József-díjra (40 E Ft),
- a 2005. évi 75 851 Ft-ot, azaz hetvenötezer-nyolcszázötvenegy forintot 2006-ban a Pro Geophysica kitüntetés díjazására

fordítottuk.

Közhasznú alapítványunk köszönettel fogad minden, a törvények által szabályozott támogatást a jövőben is.

Adószámunk: 19638902-2-42.

*Pályi András,
az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány
kuratóriumi elnöke*

In Memoriam:

ZSITVAY SZILÁRD

1934–2007

Május 8-án hosszantartó, súlyos betegség után elhunyt ZSITVAY Szilárd, az MGE alapító tagja. Halálát mindenki, aki ismerte, megrendülve fogadta.

1934. szeptember 21-én Budapesten született. Értelmi-ségi famíliájuk tagjai Pozsonytól Budapestig többfelé éltek, alkottak. A sors elég reménytelen helyzetet szabott a két ZSITVAY fiúra — édesanyjuk korán meghalt, apjuk pedig a fogságból hazatérve se szó, se beszéd, visszatelepült Csehszlovákiába. A fiuk neveltetése nagynénjükre, az egyszerű óvónőre maradt, aki nagy szeretettel, áldozatok árán nevelte őket. Talán nehéz gyerekkora tette Szilárdot zárkózott, befelé forduló, becsületos, korrekt, egyenes egyéniséggé. Felesége három évvel ezelőtt hunyt el, azóta két gyermekének s unokáink élt.

Szilárd 1953-ban érettségizett a budapesti Rákóczi gimnáziumban, majd az ELTE geofizika szakát 1957-ben végezte el. A geofizikus diploma megszerzése után az OKGT Szeizmikus Kutatási Üzemében kezdte el szakmai tevékenységét. Mind a reflexiós, mind a refrakciós szeizmikus mérések kiértékelésének kiváló művelője volt. Amikor a 60-as évek elején sor került a nem szakember terepi szeizmikus csoportvezetők leváltására, csoportvezetői kinevezést kapott, s ebben a beosztásban is eredményes munkát végzett.

Kiváló munkájára ekkor figyelt fel a Műszaki Osztály vezetője, aki osztályára hívta, és a terepi szeizmikus mérések tervezésével, kivitelezésének ellenőrzésével bízta meg. 1966-ban a hazai bevezetésre kerülő analóg szeizmikus módszer terepi módszertanának kidolgozásában vett részt. A többszörös fedéses eljárás kidolgozásában Szilárdnak elvülhetetlen érdemei vannak. A kutatás különböző fázisainak képviselőivel gyümölcsöző kapcsolatot alakított ki. Ez a csapat — amelynek Szilárd egyik vezéralakja volt — eredményeit számos publikációban tette közzé.

Amikor 1971-ben az OKGT-nél kiderült, hogy nincs ott egy felszíni geofizikus szakértő, azt kérték, hogy engedjenek át egy olyan ismeretekkel rendelkező geofizikust, aki az OKGT érdekeit a különböző hatóságoknál és az OKGT vállalatánál, a neki dolgozó intézeteknél érdemben képviselni tudja. Főnöke ekkor — fájó szívvel ugyan —, de a hozzá legközelebb álló ZSITVAY Szilárdot javasolta, mert tudta, hogy Szilárd az OKGT-ben is a szakma követelményeinek megfelelően fogja képviselni a geofizikát.

Jól példázza a fenti állítást a világbanki kölcsön felhasználása kapcsán kialakított állásfoglalása. A világbanki szakértők ugyanis a hazai viszonyok alapos ismerete nélkül

azt ajánlották a geológusoknak, hogy a geofizikai kutatásra álló összeg jelentős részét külföldi szeizmikus csoportok itteni tevékenységére fordítsák.

A GKV igazgatójának azonban ezzel teljesen ellentétes álláspontja volt, amelyet Szilárd is határozottan támogatott. A közös fellépés eredménye: a világbank szeizmikus szakértője átvilágította a GKV-t, és jelentésének összefoglalójában a következőket írta: „*With the exception of 3D seismic, all seismic surveys will be conducted by the Geophysical Exploration Company. GKV's capability ... has been found adequate.*” Ez a „külhoni” vélemény nagyon sokat számított a hazai geofizika elismerésében, s a későbbi világbanki támogatások elnyerésében.

Szilárd ugyan szeizmikus szakember volt, de az egyéb geofizikai módszerek teljesítőképességét is állandóan figyelemmel kísérte. Amikor a geoelektromos szakemberek részéről felmerült az igény, hogy hazánkban is ki kellene próbálni a WEGA-D elektromágneses módszert, Szilárd jelentős szerepet vállalt a kísérlet megvalósításában.

ZSITVAY Szilárd volt az OKGT részéről az a személy, aki az ELGI-vel az OKGT részére végzett geofizikai mérések szakmai és pénzügyi részleteit intézte és a szerződéseket aláírásra előkészítette. Az intézet akkori igazgatója és tárgyaló partnerei Szilárd következetes, az OKGT és a szakma érdekeit is figyelembe vevő tevékenységét emelték ki. Szilárdnak jelentős szerepe volt abban is, hogy az ELGI és a GKV a '60-as évek végétől egymás tevékenységét elismerte, és nehézségek felmerülésekor egymást mindig kisegítette.

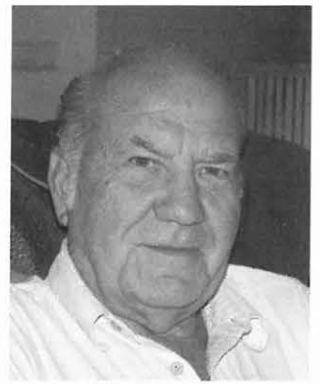
Nyugdíjazása után 2000-ig még a MOL-ban dolgozott mint szeizmikus értelmező, többek között a Görbeháza, Isaszeg–Monor, Mogyoród kutatási terület anyagait értelmezte, s a további CH-kutatást elősegítő jelentéseit összeállította.

Sokat dolgozott az MGE-ben is, 1971–78 között az egyesület titkáráként, 1971–1990 között az országos elnökség választott tagjaként, 1980–90 között pedig a közigazgatási bizottság aktív tagja volt.

Szilárdot a szakmában mindenki szerette, megbecsülte, korrektsége, őszintesége példamutató volt.

Szilárd, nagyon-nagyon sajnáljuk, hogy már nem vagy közöttünk, s rövid, velős megjegyzéseiddel nem igazítsz el bennünket. Ígérjük, hogy emlékezni fogunk Rád, s emléked nem halványul el!

Molnár Károly
Gadó Károly



HU ISSN 0025—0120

Főszerkesztő: dr. Bodoky Tamás

Szerkesztő: Tóth Lajos. Tel.: (1) 252 4999/142, e-mail: tothl@elgi.hu

Szerkesztőbizottság: dr. Aczél Etelka, dr. Ferenczy László, Hegybíró Zsuzsanna, Kakas Kristóf,
dr. Ormos Tamás, dr. Szarka László, Verő László

A szerkesztőség címe: Budapest, II., Fő u. 68. (1371 Budapest, Pf. 433)

Telefon: (1) 201 9815
