

ОСЛАЦКИ С. – ТОТ Г.

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ГРАВИТАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ СОЛНЦА И ЛУНЫ
В ВЕНГРИИ

В работе излагаются результаты наблюдений над явлениями земных приливов, проведенных Геофизическим институтом, причем обсуждаются некоторые практические возможности этих исследований в отношении изучения внутреннего строения Земли.

SZ. OSZLACZKY and G. TÓTH

OBSERVATIONS OF THE GRAVITATIONAL EFFECTS OF SUN AND MOON IN
HUNGARY

The authors review the results of the observations of the terrestrial tidal phenomena, carried out by the Geophysical Institute and point at the practical connections of these researches to the inner structure of the Earth.

**A NAP ÉS A HOLD GRAVITÁCIÓS HATÁSÁNAK MEGFIGYELÉSE
HAZÁNKBAN**

OSZLACZKY SZILÁRD – TÓTH GÉZA

Ősidóktól fogva ismert volt és az emberiség életében jelentős szerepet játszott a tengerek árapálya, de csak Newtonnak sikerült az általános tömegvonzás törvénye és a mozgástörvények alapján keletkezését megmagyarázni és a jelenség törvényszerűségeit – főbb vonásaiban – levezetni. Az ő ún. sztatikus elméletét Laplace dinamikus elmélete tette tökéletessé és az általa megalapozott harmonikus összetevőkre bontás elvét részleteiben az angol Kelvin, majd G. Darwin (a nagy természettudós fia) fejtette ki. Az általuk kidolgozott harmonikus analízis-módszer tette lehetővé az árapály jelenség tudományos tanulmányozását és előrejelzését a kikötők számára.

Bár a newtoni felfogás alapján első pillanattól kezdve világos volt, hogy az árkeltező erők a szilárd Földre is hatnak és abban elmozdulásokat hoznak létre, ezek az elmozdulások azonban távról sem olyan szembetűnőek, mint a tengerek víztömegeinél s így hosszú időn át nem keltek érdeklődést. Annál is inkább így volt ez, mert nem állottak rendelkezésre megfelelő mérőeszközök és mérőmódszerek a hatás mérésére, de különösen azért, mert a dolog gyakorlati jelentősége, legalább is a jelen század közepéig, nem mutatkozott.

Hogy a mérőeszközök és mérőmódszerek teljesítőképeségével szemben fellépő követelményeket szemléltethessük és egyúttal a gyakorlati érdekre is rámutassunk, röviden kitérünk a jelenség alapvonásainak leírására.

A Föld közelében mozgó égitestek — elsősorban a Hold és a Nap — vonzást gyakorolnak a Föld egyes tömegrészekre; a vonzás következtében fellépő és a vonzó égitest felé irányuló gyorsulás nagysága részecskéről részecskére más és más a vonzó égitesthez viszonyított helyzet (távolság és irány) különbözősége szerint. A mechanika törvényeinek megfelelően középponti vonzóerő fellépése esetén a létrejövő centrális mozgás centrifugális gyorsulása egyensúlyt tart a középpont felé irányuló vonzással. Így történik ez a szóban forgó esetben is, minthogy azonban a Föld egymással fix összefüggésben álló részecskéi ugyanabban a centrális mozgásban vesznek részt, mint a Föld tömegközéppontja, az egyes részecskékre és a Föld tömegközéppontjára ható külső vonzóerő *különbsége* kompenzálatlan marad és olyan erőhatást eredményez, amely a földrészeket — a tengernél a vízfészecskéket — a Föld középpontjához képest elmozdítani igyekszik. Ez az erő az ún. *árkeltő erő*, amely a Föld bármely — belső vagy felületi — pontján elhelyezkedő részecskére hat. Az erő által létesített gyorsulás függélyes P , illetve vízszintes Q összetevőit közelítően az alábbi képletek adják (a Föld felszínére):

$$P = g \frac{M}{T} \frac{a^3}{r^3} (3 \cos^2 \zeta - 1),$$

illetve

$$Q = g \frac{M}{T} \frac{a^3}{r^3} 3 \sin \zeta \cos \zeta,$$

ahol g = a nehézségi gyorsulás a földfelszínen, M = a vonzó égitest (pl. Hold) tömege, T = a Föld tömege, a = a Föld sugara, r = a vonzó test centrális távolsága, ζ pedig a vonzó égitest zenittávolsága. Az erő teljes nagyságát a fenti képletekből így kaphatjuk:

$$F = \sqrt{P^2 + Q^2} = g \frac{M}{T} \frac{a^3}{r^3} \sqrt{3 \cos^2 \zeta + 1}.$$

A képletekből adódó értékek felső határa:

P -re (függélyes összetevő): Holdra: 0,141 mgal, Napra: 0,054 mgal.

Q -ra (vízszintes összetevő): Holdra: 0,105 mgal, Napra: 0,041 mgal.

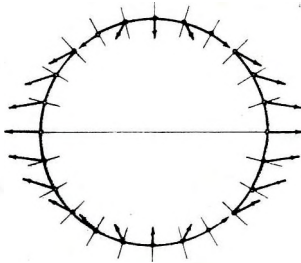
Az összetevők helyett elméleti megfontolásokban általában a potenciált használják, amelynek kifejezése:

$$V = \frac{1}{2} g a \frac{M}{T} \frac{a^3}{r^3} (3 \cos^2 \zeta - 1).$$

A következőkben, ha kifejezetten mást nem mondunk, a vertikális összetevőt tartjuk szem előtt.

A képletekben szereplő mennyiségek közül g , M és T állandók, a is állandónak vehető (gömb alakú földfelszínre szorítkozhatunk); r változása az időben a jelenség periodikus alakulása szempontjából fontos, de csak finomabb elemzésnél jön tekintetbe. A gyorsulás (vagy a potenciál) változásának alapvető vonásait így a zenittávolságtól függő tényező adja meg. Mellőzve itt a képletek elemzését, az 1. ábrán szemléltetjük az árapálygyorsulás vektorának alakulását egy olyan főkör mentén, melynek síkja a Föld középpontján és a vonzó égitesten megy keresztül.

Látható az ábrából, hogy két átellenes pontban (ahol az égitest a zenitben vagy a nadirban van), a függélyes komponens maximális, kifelé irányul és így a nehézségi erővel szemben működve azt csökkenti: ez a dagály esete.



1. ábra. Az $x-x$ egyenes mentén levő égitest által keltett árapály erő eloszlása a merev Föld kerületén.

Fig. 1. Distribution of the tidal force produced by a celestial body being in the $x-x$ line, along the circumference of the rigid Earth.

Фиг. 1. Распределение силы приливов, вызванных некоторым небесным телом, находящимся на прямой $x-x$, по окружности жесткой Земли

Ezektől a pontoktól 90° -nyira két pont helyezkedik el, ahol a függélyes összetevő befelé irányul s a nehézségi erőhöz hatásában hozzáadódik: itt jön létre az apály. Közben találunk egy olyan helyet (kb. 55° zenittávolságnál), ahol a vertikális összetevő zérus s csak a horizontális komponens érvényesül. Ha az árapályjelenség időbeli lefolyását követni akarjuk, vagyis bármely időpontban és helyen ki akarjuk számítani a komponensek értékét, akkor a fenti képletekben szereplő változó mennyiségeket ki kell fejeznünk azokkal a földrajzi és csillagászati adatokkal, amelyekkel az égitestek relatív helyzetét meghatározzák s amelyek a csillagászati táblázatokból kivehetők. Ilyenekül szerepelhetnek a földi helyek számára a szélesség és hosszúság, az égitesteknél pl. a deklináció és az óraszög vagy az ekliptikai rendszerben a hosszúság és szélesség. Az így előálló képletek szerkezete igen bonyolult, közvetlen számításra való alkalmazásuk fáradságos, ezért többnyire – mint nálunk is – a gyakorlatban nomogramokat használnak.

Ha a hely szélességét φ -vel, az égitest deklinációját δ -val, óraszögét HA -val jelöljük, akkor pl. a potenciál képlete

$$V = \frac{4}{3} g a \frac{M}{T} \frac{a^3}{r^3} \left[\frac{(1 - 3 \sin^2 \varphi)(1 - 3 \sin^2 \delta)}{3} + \sin 2\varphi \sin 2\delta \cos HA + \cos^2 \varphi \cos^2 \delta \cos 2HA \right].$$

Innen azonnal látszik, hogy az óraszögnek a földforgással összefüggő változása 12 és 24 óra körüli periódusú ingadozást eredményez (ezek az alapperiódusok), míg az első – az óraszögtől független – tagban szereplő deklinációnak hosz-

szabb, a Holdnál kb. kéthetes periódusa van. Kevésbé szembetűnő azonban, de jól ismert, hogy az együttműködésben szereplő r távolság is különböző periodikus változásoknak van alávetve (pályaellipticitás), amelyek viszont az égitest pályasebességére visszahatnak és így az óraszög menetében is hullámzást okoznak. Megjegyezhetjük, hogy az árkeltő erő eléggé érzékeny az r változása iránt, mert éppen differencia-jellegénél fogva a távolság harmadik hatványával arányos.

Ha mindehhez még hozzávesszük, hogy különböző égitestek (pl. a Nap és a Hold) hatása szuperponálódik, akkor belátható, hogy igen komplikált periodicitás jön létre. A Fourier-analízis feladata az, hogy a jelenséget jellemző számadatokat (akár a potenciál, akár az összetevők értékét) a következő alakú összeggel állítsa elő:

$$\Sigma = R \cos(nt - k),$$

ahol R , n és k az egyes rész hullámok jellemző konstansai, t pedig az idő. A konstansok jelentése: R az amplitúdó, n a hullám sebessége és k a fáziskésés. Az n sebességet rendszeren fok/középnapióránban adják meg. Így pl. a félnapos holdhullám – amelyet az árapályelméletben M_2 -vel jelölnek – előhaladása egy fél „holdnap”, azaz $12^h 25^m$ alatt egy teljes periódus, azaz 360° ; egy órára tehát $n = 28,9841^\circ$ esik. Az egész napos holdhullám sebessége ennek fele: $14,4921^\circ$; az egész napos naphullám sebessége hasonlóan: $15,0000^\circ$, a félnaposé: $30,0000^\circ$. Az árapályelméletben szereplő hullámösszetevők száma igen nagy: jóval több, mint 100, ezek legnagyobb részének azonban igen kicsiny az amplitúdója. Mégis, a tengeri árapályhullámzás menetének pontos leírásánál és az előrejelzésnél ezekre is szükség van. Ezek felhasználásával az elérhető pontosságnövekedés ott jelentős, a szilárd kéreg árapályának vizsgálatánál ilyen részletességre azonban nincs szükség, mert a fellépő elmozdulások jóval kisebbek, de nincs is lehetőség, mert itt hosszú évekre kiterjedő észlelési sorozatok nem állnak rendelkezésre. Itt elsősorban az öt legnagyobb amplitúdójú hullámösszetevőt számítják és a számítási módszereket egy-egy hónapig tartó észlelési sorozatokra dolgozták ki. Az említett összetevők: a K_1 és O_1 (egész napos), valamint az M_2 , S_2 és N_2 (félnapos) tagok.

Mint már említettük, a tengeri árapályok feldolgozására kialakított elemzési eljárások itt nem bizonyultak eléggé célszerűeknek és hatásosoknak, azért az elmúlt tíz év alatt a különleges módszerek egész sorát dolgozták ki. A legjelentősebbek ezek közül: A Doodson-Lennon, a Labrouste-féle „lineáris kombinációk” módszerén alapuló Lecolazet, valamint a Perceve-féle eljárások. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy mindezen módszerek csak a még folyamatban levő fejlődés egy-egy lépcsőfokát jelölik és hatékonyságuk, valamint az alkalmazásuk esetén elérhető pontosság tekintetében a szakemberek még nem értenek egyet, sőt bizonyos mértékű rivalitás is fennáll. Ezért nem kell meglepődnünk azon, ha ugyanannak az észlelési anyagnak különböző módszerekkel nyert elemzési feldolgozásában eltérések jelentkeznek, amelyekről csak beható vizsgálattal lehet eldönteni, hogy a módszerek különbözősége okozta inhereus eltérésekről, vagy számítási hibákról van-e szó.

A feldolgozás másik súlyos nehézsége a műszerjárás figyelembevétele, illetve befolyásának kiküszöbölése. A műszerjárás (drift) alatt itt nemcsak a meg-

I. táblázat

Tihany (46°54'N, 17°52'E)

1957. október havi regisztrálás Tihanyban
Amplitúdo-viszonyok és fáziseltolódásokaz észlelt értékek a műszerjárással
alapján módosított értékekObservations in Tihany, October, 1957.
Amplitude ratios and phase lags calculated

		from the		values corrected by drift	
		observed values		values corrected by drift	
		H/H'	$\varphi - \varphi'$	H/H'	$\varphi - \varphi'$
Egész órák - GMT	K ₁	1,11	+ 0°46'	1,12	- 1°04'
	O ₁	1,15	+ 1°02'	1,17	- 0°16'
	Q ₁	1,13	- 24°05'	1,19	- 4°00'
	M ₂	1,22	+ 2°35'	1,22	+ 1°46'
	S ₂	1,14	- 7°38'	1,15	- 7°54'
	N ₂	1,39	- 1°44'	1,33	- 0°21'
Félórák - GMT + 30 ^m	K ₁	1,09	+ 0°18'	1,10	- 1°43'
	O ₁	1,15	+ 1°11'	1,17	+ 0°06'
	Q ₁	1,11	- 23°32'	1,19	- 1°54'
	M ₂	1,26	+ 3°21'	1,23	+ 2°48'
	S ₂	1,05	- 9°22'	1,11	- 7°46'
	N ₂	1,54	+ 0°57'	1,37	+ 1°18'

szokott „nullponteltolódás”-t értjük, ami a műszerállapot előre számba nem vehető és az idő folyamán bekövetkező megváltozását jelenti, hanem minden olyan részét a műszerleolvasásnak, amely nem a mérendő mennyiség befolyásának eredménye. Ilyen pl. az a mutatókitérés, amely a hőmérséklet vagy a légnyomás megváltozásának eredménye és amely akkor lép fel, ha a műszer nincs ezek ellen a hatások ellen megfelelően kompenzálva. A légnyomás változása azonban ezen az „instrumentális” hatáson kívül reális gravitációs értékváltozást is reprezentál, mert megváltoztatja a tömegeloszlást. Az észlelési görbéken gyakran szépen kirajzolódnak a menetben a szuperponált légnyomáshullámok. Ezeknek figyelembevétele a feldolgozásnál nemcsak a driftkiküszöbölés szempontjából érdekes, hanem a légnyomás okozta kéregdeformációk vizsgálata szempontjából is.

A drift kiküszöbölésére eleinte a kisebb pontossági igények, vizuális leolvasások mellett grafikus eljárásokat használtak. Egy ilyen eljárás nálunk is kidolgozásra került és alkalmazást nyert. A növekvő pontossági igényekkel kapcsolatban azonban egyre jobban előtérbe lép az analitikus (számító) módszerek szükségessége. Az eddig ajánlott eljárások közül a Percevé-féle terjedt el a legjobban. A légnyomáshatás számítására Oszlaczky mutatott be egy a legkisebb négyzetek elvén alapuló eljárást a Nemzetközi Földárappály Bizottság trieszti kongresszusán, 1959-ben. A jelen fejlődésben az a törekvés nyilvánul meg, hogy magát az analízis eljárást alakítsák úgy ki, hogy ne is legyen szükség az adatsorok előzetes drift-mentesítésére, hanem az eljárás közben ez is automatikusan megtörténjék.

II. táblázat

Tihany (46°54'N, 17°52'E)

Egység 10⁻⁹ gal1957. október havi regisztrálás Tihanyban
Amplitúdók és fázisokaz észlelt értékek a műszerjárással elméleti értékek
módosított értékek

alapján

Observations in Tihany, October, 1957.

Amplitudes and phases
computed from theobserved values values corrected theoretical values
by drift

	H	ϕ	H	ϕ	H'	ϕ'		
Egész órák – GMT	K ₁	37 196	340°42'	37 430	338°52'	33 433	339°56'	
	O ₁	31 489	249°33'	32 053	248°15'	27 463	248°31'	
	Q ₁	5 552	286°51'	5 823	305°56'	4 898	309°56'	
	M ₁	6 166	53°06'	5 428	60°24'	4 876	56°32'	
	J ₁	5 528	267°08'	5 550	259°00'	4 603	270°03'	
	M ₂	43 953	33°47'	44 116	32°58'	36 163	31°12'	
	S ₂	20 474	220°57'	20 703	220°41'	18 017	228°35'	
	N ₂	10 320	84°13'	9 848	85°36'	7 422	85°57'	
	L ₂	2 010	104°38'	2 342	105°55'	1 373	118°46'	
	2N ₂	2 208	148°35'	2 356	135°47'	1 241	162°29'	
	Félórák – GMT + 30m	K ₁	36 671	347°51'	36 869	345°50'	33 509	347°33'
		O ₁	31 342	256°47'	31 999	255°42'	27 325	255°36'
Q ₁		5 345	293°26'	5 760	315°04'	4 833	316°58'	
M ₁		6 157	60°29'	5 430	66°27'	4 795	64°27'	
J ₁		5 180	276°00'	5 214	267°14'	4 643	275°25'	
M ₂		45 298	48°48'	44 472	47°15'	36 099	45°27'	
S ₂		19 096	234°31'	20 198	236°07'	18 130	243°53'	
N ₂		11 195	96°56'	9 953	97°17'	7 281	95°59'	
L ₂		3 024	108°57'	2 409	123°12'	1 608	134°07'	
2N ₂		2 831	134°57'	1 878	148°18'	1 273	184°58'	

Centrális időpont: 1957. október 16. 12h (Greenwich középidej) Centel Date. 16. X. 17.12 GMT

A légnyomásváltozások mellett egyéb időjárás hatások is fellépnek, pl. a földfelszín változó felmelegedése következtében beálló deformációk. Minthogy ezek hasonló periódusú hullámmás alakjában jelentkeznek, mint maga a gravitációs hullámmás, nehéz őket a ma használatos analízis-eljárásokkal leválasztani. Ez ellen a hibaforrás ellen úgy próbálnak védekezni, hogy az észleléseket mélyen a föld alatt, bányákban, barlangokban végzik. Itt viszont fokozottabban érvényesülnek a tektonikai-geológiai hatások, melyek azzal állanak összefüggésben, hogy a kéregben az árapályhatások, valamint más aperiodikus okok következtében elmozdulások jönnek létre. A földtani kutatás szempontjából éppen ezeknek a kéregmozgásoknak a tanulmányozása fontos. Erre a célra elsősorban a horizontális komponenst mérő horizontális ingák, mint dőlés-mérők alkalmasak.

A hazai földárapálmérések eddig a luniszoláris gyorsulás függélyes összetevőjének graviméterrel való mérésére szorítkoztak. Két korszakot lehet megkülönböztetni:

1. Az első időszakban a Shell Oil Co. által gyakorlati célra – a terepi gravimétermérések luniszoláris korrekcióinak meghatározása céljából – világszerte kezdeményezett mérésekhez csatlakozva 1950–56 között esetenként történtek megfigyelések az ország néhány helyén, a leghosszabb sorozatban Budapesten 1951-ben: 37 napon át. A mérések feldolgozása globális analízissel az Egyeztető osztályon történt: tehát az egész hatás megállapítására és az ún. amplitúdó-viszony meghatározására terjedt ki. A feldolgozás fontosabb momentumai voltak:

a) Leolvasó nomogram szerkesztése az elméleti hatásérték kiolvasására.

b) Eljárás kidolgozása a műszerjárás megállapítására és tekintetbe vételére.

2. A második időszakban a Nemzetközi Geofizikai Év megindulásával kapcsolatban már rendszeresebb észlelés folyt, beleilleszkedve a nemzetközi szervezett és a meginduló gyorsütemű fejlődés során erre a célra alakult állandó Bizottság – Commission des Marées Terrestres – adta keretekbe és előírásokba. Az alkalmazott műszer (Heiland 40 és 66) és az észlelés módja (vizuális leolvasás) nem változott ugyan, de az észlelések a nemzetközi előírások szerint 1957 júliustól 1960 áprilisáig negyedévenként egy-egy havi sorozatban, félóránkénti leolvasásokkal rendszeresen folytak Tihanyban.

A Geofizikai Év alatt létesült árapályállomások működése a legtöbb helyen nem szűnt meg az időszak végén, hanem állandó észlelőhálózat alakult ki, a vizuális észlelés helyett pedig folyamatos regisztrálást vezettek be. Nálunk a graviméterek terepi használata megakadályozta a mérési sorozatok folytatását, csupán az 1961. évi napfogyatkozás tanulmányozásával kapcsolatban tudtunk még egy további észlelési sorozatot beiktatni. Az észlelés egyik feladata volt az esetleg fellépő gravitációs abszorpciós hatás megfigyelése; a feldolgozás eredményei ilyen hatás nyomát nem mutatták, amiből más megfigyelőállomások megállapításával egybehangzóan azt a következtetést vonhattuk le, hogy ha van ilyen hatás, akkor ez kisebb, mint műszereink érzékenységi határa.

A mérések havonkénti sorozatban végzett harmonikus analízisének a Lecolazet-eljárást alkalmaztuk, mint amely jelenleg a leggazdaságosabbnak és célravezetőbbnek látszik. A bemutatott táblázatok (1. és 2. táblázat) egy egyhónapos észlelési sorozat harmonikus analízisének eredményeit tüntetik fel és tartalmazzák az amplitúdó-, valamint a fázisértékeket a legjelentősebb hullám-összetevőkre, továbbá az amplitúdó-viszony és a fáziskésés értékeit, melveknek jelentőségéről az alábbiakban szólunk.

A kiértékeléshez szükséges számításokat asztali elektromos számológéppel végeztük, de történtek lépések elektronikus számítógép igénybevételére is, ami külföldön már eléggé általános ebben a vonatkozásban; természetesen az előkészítő kiértékelési munka (diagramleolvasás) ebben az esetben is emberi munkaerőt igényel. Zilahi-Sebess László programot dolgozott ki a Gamma – 3, majd az IBM – 628 elektronikus számítógépre a Lecolazet-analízis elvégzésére és ennek alapján egy-egy havi sorozaton kísérleti analíziseket végeztünk jó

eredménnyel. Mindenesetre, ha a jövőben nagyobb tömegű adatanyag, esetleg folytonos regisztrálás eredményanyaga kerülne feldolgozásra, ez már csak gépi számolással történhetnék.

Röviden szólunk kell arról is, hogy bár a tárgykör alapvető tényei a tankönyvekből és a szakirodalomból ismertek, miként kapcsolódnak e megfigyelések elméleti és gyakorlati geofizikai kérdésekhez és mi a jelentőségük mindkét ismeretszint szempontjából. Már említettük, hogy egy kutatás újabb fejlődésének milyen gyakorlati igény felmerülése adott hatalmas lökést. Tisztán tudományos szempontból már régen ismeretes volt a problémakör, és pedig mind a függélyes, mind pedig – sőt elsősorban – a vízszintes összetevő vonatkozásában. Elegendő itt Hengler és Zöllner, valamint Tomaschek, majd Lettau vizsgálataira utalnunk. A vertikális összetevő vonatkozásában azonban be kellett várni a graviméterek mérési pontosságának a gyakorlati kutatások haladása során bekövetkező megnövekedését, hogy a jelenség tanulmányozásának instrumentális előfeltételei kielégíthetők legyenek. Gravimétereink ma már század-, sőt ezredmilligal pontossággal mérnek és a pontosság tovább is fokozható.

A luniszoláris hatás alkalmazása a terepi leolvasások korrigálására igen egyszerű és könnyen megoldható feladat, mégis rávezet a problémakör alapvető fontosságú és a méréseknek átfogó jelentőséget adó kérdésére. Első pillanatban ugyanis azt gondolhatnánk, hogy miután a hatást a közölt képletek segítségével ki lehet számítani, a korrekció kérdése ezzel elintéződött. Ez azonban csak akkor volna így, ha a Föld teljesen merev volna és nem „engedne” a hatásnak. A rugalmas Föld azonban a fellépő periodikus erőhatás következtében deformációt szenved, rugalmas hullámok keletkeznek benne; a fellépő deformációk megváltoztatják a tömegeloszlást, a nehézségi szintfelületek alakját és ennek következtében az észlelési ponton mérhető nehézségi értéket.

A mért hatás tehát nem egyezik meg az ún. sztatikus, elméleti hatással, hanem az amplitúdóban, de még a fázisban is eltérések jelentkeznek és éppen ezeknek az eltéréseknek a tanulmányozása ad módot a Föld belső szerkezetére vonatkozó fontos következtetések levonására ugyanúgy, mint ahogyan a föld-rengések megfigyelése a Föld belsejére vonatkozó ismereteink fontos forrása. Az elmélet a Föld rugalmassági tulajdonságai és az árapályhatások közötti összefüggések tanulmányozásánál bizonyos jellemző mennyiségeket, az ún. Love- és Shida-féle számokat alkalmazza (h , k , l), illetve ezek bizonyos kombinációit, amelyeket a különböző árapálymegfigyelésekből meghatározhatunk.

Ezek egyike a már említett „amplitúdóviszony” ($\delta = 1 + h - \frac{3}{2}k$), azaz a mért

és az elméletből számított vertikális komponens viszonya. A gyakorlati, terepi mérések céljára – amint az a vizsgálatokból hamarosan kitűnt – elegendő ennek a viszonyszámnak közelítő értékét, 1,20-at számításba venni, legalábbis a mai pontossági követelmények szempontjából.

A földszerkezeti vizsgálatoknál való alkalmazások céljára azonban már jóval nagyobb, legalábbis három tizedesig menő meghatározásra, valamint harmonikus összetevőkre bontásra van szükség, minthogy a Föld rugalmas rétegei a különböző hullámhosszúságú hatásokra másként reagálnak. Ebből a szempontból megemlítjük pl. az ún. indirekt hatás problémáját, amely a

szárazföld-óceán kölcsönhatással kapcsolatban merül fel. Az óceánon az árapály-hullámzásban súrlódási, topográfiai és egyéb befolyások következtében jelentékeny fáziskésés jelentkezik az elméleti hatáshoz képest. A partokon a változó apály-dagály következtében változó terhelés nehezedik a kéregre és periodikus deformációt okoz, mely a szárazföldben magában létrejövő deformációs hullámra szuperponálódik. Kérdés, hogy az ilyen hatás milyen távolságra hatol be a szárazföld belsejébe, lépnek-e fel iránykülönbségek és hogyan viselkednek ezzel szemben a szárazföldek nagytektonikai szerkezeti egységei. Az ilyen hatás nyomozására természetesen csak a harmonikus összetevőkre bontott adatanyag használható. Amint fentebb is említettük, a nehézségi gyorsulás időbeli változásának megfigyelése ma már állandó jellegű, egyre sűrűsödő nemzetközi hálózatban végzett, folyamatos regisztrálás alakját vette fel. Annál is inkább fennáll az állandó regisztrálás szükségessége és célszerűsége, mert az árapálymérésre használt műszerek igen nagy – a szokványos földrengésjelzőket meghaladó – érzékenységüknél fogva olyan jelenségek érzékelésére is alkalmasak, amelyek az eddigi műszereknél észrevétlenek maradtak. A horizontális ingák pl. nemcsak a luniszoláris hatás vízszintes összetevőjének mérésére használhatók, hanem általában – és igen nagy pontossággal – regisztrálják a kéregben bármilyen hatás következtében fellépő deformációk okozta rétegdőléseket is és így felhasználhatók a legkülönbözőbb nagyságrendű, mind lokális, mind nagyskalájú kéregmozgások tanulmányozására. A műszerek érzékenységére jellemző tényként említjük azt, hogy már több ízben sikerült csaknem tízezer kilométer távolságban lezajló nagyméretű földrengések előtt beálló, rétegdőlés alakjában jelentkező és a rengés után ismét megszűnő feszültségi, illetve deformációs állapotot regisztrálni.

Persze, ami a lokális jellegű, de földtani és közvetlen gyakorlati vonatkozásban igen fontos recens mozgások nyomonkövetését illeti, arra a mai állomáshálózat még nem eléggé sűrű és kívánatos, hogy a sűrűség új állomások beiktatásával növekedjék. Hazánkban is jó volna, ha a Sopronban tervezett horizontális-inga-állomáson kívül az északkeleti országrészekeken is létesülne állomás a Kárpátok tektonikai felépítésének tanulmányozására.

Végül még egy újabban felmerült és gyakorlatilag talán nagyjelentőségű alkalmazási lehetőségről tennénk említést. Már régtől fogva ismeretes, hogy az árapályméréseknél használatos nagyérzékenységű graviméterek a földrengésekre szépen reagálnak. Balakrishna és Johnson indiai geofizikusok a Hyderabad-ban működő GS 11 regisztráló graviméternél nukleáris robbantásokkal kapcsolatban különleges alakú gravitációs hullámzást figyeltek meg, amelynek alakja a feljegyzéseken egészen más, mint az ugyanazon az állomáson, ugyanazzal a műszerrel már több ízben megfigyelt földrengési hullámoké. A hullámzást kiváltó és a tovaterjedést biztosító energifolyamat mechanizmusáról a szerzők még nem tudnak képet adni, de azt a következtetést vonják le, hogy „véleményük szerint a graviméter hasznos eszköznek fog bizonyulni a légköri nukleáris robbantások detektálásánál”.

IRODALOM

- Lassovszky K. – Oszlaczky Sz.:* A Nap és a Hold gravitációs hatása a gravimétermérésekre. Geofizikai Közlemények, I. 3., 1952., 13 – 28. old.
- Lassovszky K. – Oszlaczky Sz.:* Graviméter-regisztrálások globális analízise. Geofizikai Közlemények, III. 2., 1954., 27 – 30. old.
- Lassovszky K.:* A föld deformációs együtthatójának meghatározása graviméterészlelésekből. Geofizikai Közlemények, V. 1., 1955., 18 – 26. old.
- Lassovszky K.:* A luniszoláris hatás amplitúdóviszonyának meghatározása a Budapesten 1951-ben 37 napon át végzett graviméterészlelésekből. Geofizikai Közlemények, V., 1955., 9 – 20. old.
- Tóth Géza:* A földkéreg árapálya. Magyar Tudomány, 1958., 8 – 9., 351 – 362. old.