

# A FÖLD KÖZEL NAPOS PERIÓDUSÚ NUTÁCIÓJÁNAK KIMUTATÁSA A SOPRONBÁNFALVI EXTENZOMÉTERES ADATOK ALAPJÁN – ELŐZETES EREDMÉNYEK

Mentes Gyula\*, Bán Dóra\*, Eperné Pápai Ildikó\*



**Detection of the near-diurnal period of the nutation of the Earth on the basis of the Sopronbánfalva extensometric data – Preliminary results** – *The axis of the fluid outer core of the Earth and the rotation axis of the mantle do not coincide, therefore restoring forces arise at the core-mantle boundary which try to realign the two axes and generate resonance effect at the same time. In celestial reference system this phenomenon is called the “Free Core Nutation” (FCN), which can be characterized by a period of 432 days, while in the Earth reference system it is called the “Nearly Diurnal Free Wobble” (NDFW). The NDFW frequency is close to the diurnal tidal frequencies, especially to P1 and K1 waves. Due to its resonance effect this phenomenon can be detected also by extensometers suitable for Earth tides recording. In this study the first attempts to detect the FCN on the basis of 11 years-long extensometric data series are described. The presence of the FCN resonance in the case of the K1 constituent is obvious while in the case of the P1 wave further investigations are needed.*

**Keywords:** Earth tides, extensometer, core-mantle boundary, free core nutation, resonance, tidal factors

---

A Föld folyékony külső magjának tengelye és a köpeny pillanatnyi forgástengelye nem esik egy vonalba, és emiatt visszatérítő erők hatnak a mag-köpeny határon, amelyek megpróbálják a két tengelyt egy egyenesbe hozni. Ennek következtében rezonancia lép fel a napos árapály frekvencia tartományban. Égi vonatkoztatási rendszerben a jelenség neve Free Core Nutation (FCN), mely 432 napos periódussal jellemezhető, míg a földi vonatkoztatási rendszerből szemlélve a Nearly Diurnal Free Wobble (NDFW) elnevezés használatos. Ennek frekvenciája közel esik az árapály egynapos frekvenciáihoz, különösen a P1 és K1 hullámokhoz. A jelenség kimutatható például az árapály mérésére is alkalmas extenzométer segítségével. Ebben a tanulmányban az FCN kimutatásának első próbálkozásait írjuk le 11 éves extenzométeres adatsor alapján. Az FCN rezonancia a K1 összetevő esetében nyilvánvaló, míg a P1 hullám esetében további vizsgálatokra van szükség.

**Kulcsszavak:** árapály, extenzométer, mag-köpeny határ, szabad mag nutáció, rezonancia, árapály faktorok

## 1 Bevezetés

Az MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet (MTA CSFK GGI) Geodinamika Kutatócsoportja a földi árapály regisztrálása mellett nemzetközi együttműködésben extenzométerekkel vizsgálja a Pannon-medence recens kéregmozgásait (Mentes 2008, 2012). A Pannon-medencében levő extenzométeres állomásokon (1. ábra) kvarccsöves extenzométerekkel történik a regisztrálás. A műszerek mechanikai részei az egykori Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Geofizikai Intézetében készültek az 1980-as és az 1990-es években (Latynina et al. 1984). Az extenzométerek kapacitív mérőátalakítós érzékelőjét az akkori MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetben (MTA GGKI), ma MTA CSFK GGI fejlesztették ki (Mentes 1991). Ugyancsak az MTA GGKI-ben készült egy nagypontosságú hordozható kalibrátor a műszerek in-situ kalibrálására (Mentes 2010a, Mentes 2010b). Az egyes obszervatóriumok műszereinek rendszeres, egy-két évenkénti, kalibrálását szintén a GGI végzi. Az azonos műszerezettség jó lehetőséget nyújt a különböző adottságú (geológia, topográfia, környezeti paraméterek hatása, üreghatás, stb.) obszervatóriumokban mért adatok értelmezéséhez, összehasonlításához (Eper-Pápai et al. 2014), amely nagymértékben hozzájárul a Pannon-medence tektonikai mozgásainak jobb és pontosabb megismeréséhez (Mentes 2008, 2012).



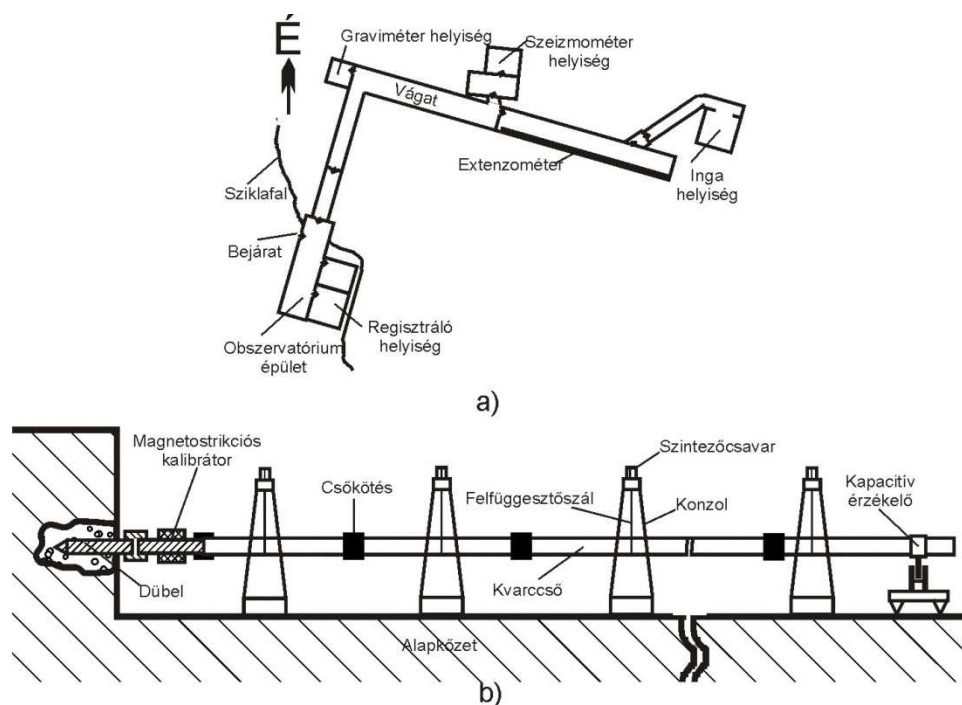
1. ábra. A Pannon-medence extenzométeres állomása

Az extenzométeres mérések jól használhatók olyan globális problémák vizsgálatára is, mint a Föld folyékony magjának közel napos rezonanciája (Boyersky et al. 2003, Ping et al. 2004, Amoruso et al. 2012). Az MTA CSFK GGI Geodinamika Kutatócsoportja 2014-ben célul tűzte ki a szabad nutáció (Free Core Nutation, FCN) vizsgálatát a különböző obszervatóriumokban (1. ábra, Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatórium, Mátyáshegyi Gravitációs Obszervatórium, Pécsi Uránbánya, Bakonya, Vyhne-i Árapály Obszervatórium [Szlovákia], Beregszász [Ukrajna]) mért extenzométeres adatok alapján. Az egymástól eltérő geológiai, környezeti, stb. adottságú obszervatóriumokban mért adatok összehasonlítása hozzájárulhat a szabad nutáció megfigyelését zavaró hatások kiszűréséhez. Ennek a tanulmánynak a célja annak megvizsgálása, hogy a Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatóriumban (SGO) mért 11 éves (2000-2010) deformációs árapály adatsorból ki lehet-e mutatni az FCN-nek a napos periódusú K1 (egész napos luniszoláris elliptikus hullám) és a P1 (egész napos fő szoláris hullám) árapály hullámokra gyakorolt hatását. A kutatás későbbi fő célja az FCN frekvenciájának pontosabb meghatározása, amelyhez a jelenség további tanulmányozását több obszervatóriumban mért adatok alapján tervezzük.

## 2 A Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatórium és a kvarccsöves extenzométer

Az obszervatórium Sopron központjától kb. 5 km távolságra, Sopronbánfalván, Sopron kertvárosában, az Alpok keleti lábánál helyezkedik el. Koordinátái: északi szélesség  $47^{\circ}40'55''$ ; keleti hosszúság  $16^{\circ}33'32''$ ; tengerszint feletti magasság: 280 m. Az obszervatórium gneiszben kialakított mesterséges vágat, amely felett kb. 60 m kőzet helyezkedik el. Az obszervatórium alaprajzát az extenzométer elhelyezkedésével együtt a 2a. ábra mutatja. Az extenzométer hermetikusan lezárt vágatrészben helyezkedik el, a megfelelő hőmérsékletstabilitást a három-ajtós zsiliprendszer biztosítja. Az éves hőmérsékletváltozás az extenzométernél kisebb mint  $0.5^{\circ}\text{C}$ , míg a napi változás  $0.05^{\circ}\text{C}$  alatt van.

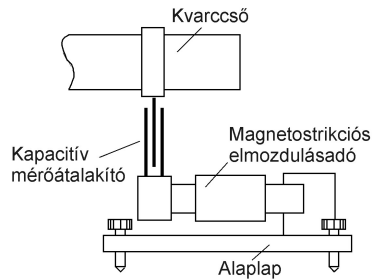
Az extenzométer felépítése a 2b. ábrán látható. A 22 m hosszú extenzométer 2-2.5 m hosszúságú, 45 mm átmérőjű és 2.5 mm falvastagságú kvarccsövekből áll, amelyek speciális kötással csatlakoznak egymáshoz. A csökötés három invar profillemelést csavarok fogják össze. A lemezek, valamint a kvarccsövek között kétkomponensű ragasztó, kvarchomok és cement keveréke van, ami rendkívül szilárd és stabil kötést biztosít (Mentes 1991, 2010a, 2010b). Az összeerősített kvarccsövet 2-3 méterenként elhelyezett konzolok tartják 20  $\mu\text{m}$  átmérőjű, kb. 25 cm függőleges belógású invar huzalok segítségével. A konzolokon található szintezőcsavar a cső vízszintesítésére szolgál. A kvarccső egyik vége egy magnetosztatikus elmozdulásadóhoz (kalibrátor) kapcsolódik, amely az alapkőzetbe erősített rozsdamentes acélból készült csaphoz (dübel) csatlakozik. A cső másik vége szabad. Ezen a végen helyezkedik el a differenciál kondenzátoros elmozdulás érzékelő középső lemeze, amely az alapkőzethez fixen rögzített állólemezek között mozog. A vékony és elegendően hosszú felfüggesztőszálak könnyen hajlanak, és nem akadályozzák a cső szabad mozgását, így az alapkőzetbe erősített csap mozgása akadályoztatás nélkül jut el a kapacitív mérőátalakítóhoz (Mentes 1983, 2010a, 2010b). A kapacitív érzékelő kimenő jelét egy 24 bites A/D konverter (PREMA Digital Multimeter 5017 és 5017SC 48 csatornás analóg multiplexer) segítségével digitalizáljuk és számítógépen regisztráljuk. Az adatok interneten keresztül lekérdezhetők. Az extenzométer érzékenysége:  $2.093 \pm 0.032 \text{ nm/mV}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ).



2. a) és b) ábra. A Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatórium alaprajza, és a kvarccsöves extenzométer felépítése

Az igen kicsi geodinamikai deformációk megbízható mérése céljából a műszerek nagyon stabilnak kell lennie. Különösen a lassú tektonikai deformációk választhatók el nehezen a műszerparaméterek lassú, hosszúidejű változásaitól (drift), ami miatt a műszer helyes működésének állandó ellenőrzésére van szükség. A napi ellenőrzést szolgálja az extenzométerbe beépített magneostrikciós kalibráló egység (2b ábra). Ez egy permendúr magos tekercs, amelyre adott áramot kapcsolva a permendúr mag megváltoztatja a hosszát, ezáltal a kvarccsövet kismértékben elmozdítja, amit a kapacitív érzékelő regisztrál. Naponta 5 perc időtartamra szigorúan konstans (150 mA) áramot kapcsolva a tekercsre, a regisztrált impulzus amplitúdójából következtetni lehet a műszer paramétereinek változására. Ez az ellenőrzési mód csak a cső, ill. az elektronika stabilitásának ellenőrzésére alkalmas. Mivel magának a beépített kalibrátornak a paramétere is változhatnak, ezért az extenzométer in-situ, obszervatóriumi kalibrálására egy közvetett interferométeres módszert fejlesztettünk ki. Mivel a rendelkezésünkre álló HP 5508 lézinterferométer felbontóképesége 0.1  $\mu\text{m}$ , ezért meg kellett oldanunk az interferométer felbontóképeségének alóasztását, hogy nm ( $10^{-9}$  m) nagyságrendű elmozdulásokat is megbízhatóan tudjunk mérni.

A kalibráló berendezés egy talpcsavarokkal szintezhető, merev alaplaphoz erősített magneostrikciós elmozdulásadóiból áll, amelynek szabad, mozgó vége egy differenciál-kondenzátoros kapacitív mérőátalakító állólemezeit tartja. A differenciálkondenzátor mozgó középső lemeze pedig az extenzométer csövéhez csatlakozik. A kalibráló berendezés felépítését a 3. ábra mutatja. Az extenzométer saját és a kalibráló berendezés kapacitív érzékelőivel párhuzamosan regisztráljuk az extenzométer szabad végének elmozdulását. A hordozható kalibrátort, minden obszervatóriumi kalibrálás előtt és után, laboratóriumban lézinterferométerrel kalibráljuk. A laboratóriumi kalibrálás a Mentés (2010a, 2010b) által leírt módon történik, amelynek során mind a hordozható kalibrátor karakterisztikáját, mind pedig az elmozdulásimpulzusok nagyságát nagy pontossággal meghatározzuk.



3. ábra. A hordozható in-situ kalibráló berendezés felépítése

A hordozható kalibrátorral az extenzométer kétféle módon kalibrálható. Az első módszer esetében az extenzométer beépített kalibrátorának, valamint a hordozható kalibrátorának az impulzusait regisztráljuk és a hordozható kalibrátor skálatényezőjének segítségével a beépített kalibrátor elmozdulását meghatározzuk. A másik módszer szerint az extenzométer saját és a hordozható kalibrátor kapacitív érzékelőjével hosszabb ideig párhuzamos árapály regisztrálást végzünk és a két görbe korrelációjával az extenzométer skálatényezője (érzékenysége) meghatározható

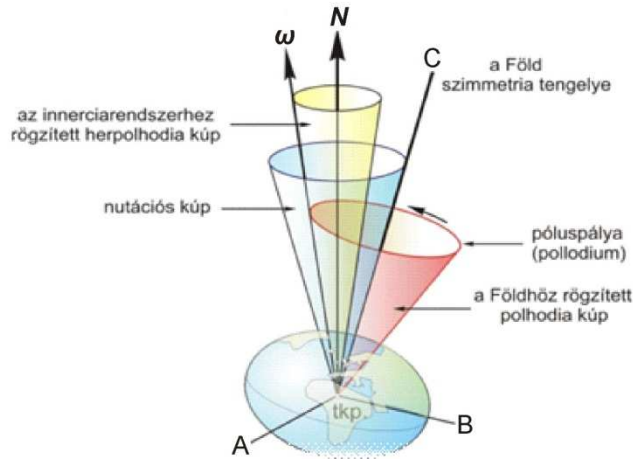
### 3 Az FCN kimutatásának elméleti alapjai

A Föld, mint merev test tengelykörüli forgása a 4. ábrán látható. A Föld forgó, külső folyékony magja és a forgó, elliptikus rugalmas földköpeny közötti dinamikus hatás (5. ábra), a Chandler-perióduson (Rochester és Smylie 1965) kívül, a rotációs spektrumban egy második sajátmódushoz is vezet. Ez a módus a pillanatnyi forgástengely ( $\omega$ ) szimmetriatengelyhez ( $C$ ) viszonyított retrográd forgásaként írható le, mely jelenség neve a szakirodalomban „Nearly Diurnal Free Wobble” (NDFW). Földhöz rögzített koordináta-rendszerben sajátperiódusa közel esik az egy csillagászati naphoz. Másrészt ez a mozgás magában foglalja a pillanatnyi forgástengely ( $\omega$ ) impulzummomentum ( $N$ ) irányához viszonyított mozgását is. Ez az ún. „Free Core Nutation” (FCN), melynek amplitúdója nagyjából 460-szor nagyobb, mint az NDFW amplitúdója, és az elméleti periódusa körülbelül 460 csillagászati nap, külső vonatkoztatási rendszerből szemlélve. A Föld folyékony külső magjának tengelye és a köpeny pillanatnyi forgástengelye nem esik egybe, és emiatt visszatérítő erők hatnak rá, rezonancia lép fel (Free Core Resonance, FCR). A rezonanciafrekvencia (Amoruso et al. 2012):

$$f_{FCR} = 1 + \frac{1}{T_{FCN}} . \quad (1)$$

A  $T_{FCN}$  értéke közelítőleg 460 nap, de a gyakorlatban elfogadott kísérleti érték kb. 430 nap (Wahr 1981). Ennek következtében néhány egész napos periódusú árapályhullám amplitúdója (főleg a P1, K1,  $\psi$ 1 és  $\phi$ ), amelyeknek frekvenciája közel esik az  $f_{FCR}$ -hez, módosul. Ezek a rezonáns módosult hullámok használhatók fel az FCN tanulmányozására.

Az 6. ábra mutatja a P1 és K1 hullámok amplitúdójának csökkenését az FCN következtében (Bo-yarsky et al. 2003). Az FCN által okozott deformációs terhelés nagyobb, mint a gravitáció változása, így a rezonancia által okozott amplitúdó változás is nagy, ezért az extenzométerek jobban használhatók az FCN tanulmányozására, mint a graviméterek, annak ellenére, hogy ezen utóbbi műszerek nagy érzékenységgel és nagy jel/zaj viszonytal rendelkeznek. A 6. ábrából látható, hogy az O1 hullám frekvenciája távol esik az FCR frekvenciától, ezért az nem módosul. Mivel a napos periódusú hullámokra gyakorolt zavaró hatások (geológia, topográfia, üreghatás, környezeti paraméterek, stb.) egyformán hatnak az összes hullámra, ezért az FCN tanulmányozásához a P1 és K1 hullámok amplitúdófaktorait célszerű az O1 (egész napos fő lunáris hullám) amplitúdófaktorához viszonyítani (Defraigne et al. 1994), hogy a zavaró hatások kiessenek.



4. ábra. Az Euler-féle szabadnutáció inerciarendszerből szemlélve (Völgyesi 2002). C és  $\omega$  a Föld szimmetria-, ill. forgástengelye, N az impulzusmomentum iránya



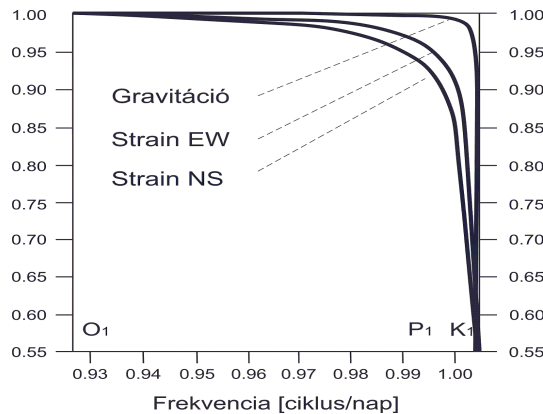
5. ábra. A folyékony mág és a köpeny közötti dinamikusan hatás

Az elméletileg becsült arányok csak 1-2 %-kal térnek el a különböző földmodellek esetében (Boyarsky et al. 2003). Az átlagos ÉD-i (NS) és KNY-i (EW)  $\varepsilon$  és  $\eta$  deformáció komponensek a  $\varphi$  amplitúdófaktorok (mért/elméleti arány) arányából számítva a következők (Boyarsky et al. 2003):

$$\varepsilon_{P1} = \varphi_{NS}(P1) / \varphi_{NS}(O1) = 0.90 \qquad \varepsilon_{K1} = \varphi_{NS}(K1) / \varphi_{NS}(O1) = 0.65 \qquad (2)$$

$$\eta_{P1} = \varphi_{EW}(P1) / \varphi_{EW}(O1) = 0.94 \qquad \eta_{K1} = \varphi_{EW}(K1) / \varphi_{EW}(O1) = 0.80 \qquad (3)$$

Vizsgálatainkhoz első közelítésben a fenti arányokat használjuk, mivel jelenlegi célunk csak az FCN kimutathatóságának vizsgálata.



6. ábra. A P1 és K1 hullámok amplitúdójának módosulása az FCN következtében (Boyarsky et al., 2003)

### 3 Eredmények és diszkusszió

A vizsgálatokhoz a 2000 és 2010 között regisztrált éves adatsorokat használtuk fel. A feldolgozást évenként végeztük, mivel a K1 és P1 hullámok éves adatsorokból jól kimutathatók, és így lehetőségünk volt a kapott eredmények összehasonlítására. Az adatok árapály-feldolgozását az ETERNA 3.4 programcsomaggal (Wenzel 1996) végeztük. Az adatok először korrigálatlanul (UNC), majd a légnyomást korrigálva kerültek kiértékelésre. A légnyomás hatásának korrigálására öt módszert alkalmaztunk: az ETERNA program beépített lineáris regressziós korrekcióját (EC), egy külön lineáris regressziós korrekciót (RC), és három különböző neurális hálózattal (NNW1, NNW2 és NNW3) történő korrekciót (Mentes 2015). Az egy- és félnapos árapály frekvenciatartományban sem az obszervatórium, sem pedig a műszer nem érzékeny a hőmérsékletváltozásra (Mentes 2000, Mentes és Eper-Pápai 2006, Eper-Pápai et al. 2014), ezért a hőmérsékleti korrekciótól eltekintettünk, mivel annak hatása csak a hosszúperiódusú (éves) tartományban jelentős. Első közelítésben ugyancsak eltekintettünk az óceáni terhelés korrekciójától, mivel az a különböző óceáni modellek esetében is csak kb. 2%-kal javítja az amplitúdófaktorok értékeit. A P1/O1 és a K1/O1 amplitúdófaktorok évenként (2000-2010) számított hányadosait az 1. és 2. táblázatokban foglaltuk össze. A táblázatok utolsó két sora a különböző légnyomás-korrekciókkal kapott hányadosok évenkénti átlagát és szórását, míg a táblázatok utolsó két oszlopa a 11 évben kapott hányadosok átlagértékét és azok szórását mutatja különböző légnyomás korrekciók esetében. Mivel a sopronbánfalvi extenzométer közel K-Ny-i (EW) irányú, ezért a kapott amplitúdófaktor hányadosokat az elméleti  $\eta_{P1} = 0.94$  és az  $\eta_{K1} = 0.80$  értékekkel hasonlítottuk össze. Az  $\eta_{K1}$  értékek elég jól közelítik az elméleti 0.80 értéket, különösen az NNW3 neurális hálózattal végzett légnyomás korrekció esetében. A 11 év átlagértéke 0.807, és a szórás 0.032. Az  $\eta_{P1}$  értékek azonban lényeges eltérést mutatnak az elméleti 0.94 értéktől. Az elméletihez legközelebbi értéket ebben az esetben is az NNW3 hálózattal történő légnyomás korrekcióval kaptuk. Hogy magyarázatot találjunk a jelenségre, meghatároztuk az SGO árapály átvitelét jellemző koherencia függvényt (Mentes 2012) a különböző korrekciók esetében (7. ábra). Érdekes módon az extenzométeres adatok neurális hálózattal történő légnyomás korrekciója esetében az obszervatórium átvitelére rosszabb értékeket kaptunk, mint a többi esetben. Ennek oka talán az, hogy a koherencia értéke a fázisszögnek is függvénye. Megállapítottuk, hogy az ETERNA programmal végzett légnyomás korrekció jelentősen megváltoztatja néhány hullám fázisát. A neurális hálózattal végzett korrekció ezeket változatlanul hagyja, azonban más hullámok fázisát változtatja meg, amelyek nagyobb hatással vannak a kapott átviteli értékekre (ld. részletesen Mentes 2015). Boyarsky et al. (2003) az általunk kapott eredményekhez hasonlóakat kaptak a Protvino obszervatóriumban végzett extenzométeres mérésekből. Az elméletnek teljesen ellentmondó  $\eta_{P1}$  értékek okaként az obszervatórium hőmérsékletfüggését tételezték fel, azonban a hőmérséklet korrekciójával sem kaptak jobb eredményeket. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a hőmérséklet hatását figyelmen kívül lehet hagyni. Gebauer et al. (2010) végelem modellezései alapján az SGO érzékeny a légnyomásváltozásokra és az időjárási frontokra.

**1. táblázat.** A P1/O1 amplitúdó faktorok hányadosai különböző légnyomás korrekcióval ellátott extenzométeres adatsorok esetében. UNC nem korrigált, EC ETERNA programmal, RC lineáris regressziós módszerrel, NNW1, NNW2, NNW3 különböző neurális hálózatokkal korrigált adatsorok (Mentes, 2015)

Ext. adat	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	átlag	szórás
UNC	0.479	0.533	0.438	0.480	0.487	0.268	0.688	0.831	0.171	0.287	0.399	0.460	0.187
EC	0.698	0.684	0.773	0.634	0.694	0.702	0.769	0.568	1.122	0.719	0.612	0.725	0.145
RC	0.477	0.233	0.424	0.304	0.437	0.279	0.820	0.817	0.381	0.216	0.449	0.440	0.207
NNW1	0.625	0.671	0.760	0.651	0.600	0.556	1.000	0.800	0.317	0.386	0.705	0.643	0.188
NNW2	0.451	0.553	0.411	0.540	0.370	0.510	0.324	0.840	0.642	0.400	0.198	0.476	0.171
NNW3	0.708	0.898	0.866	0.835	0.780	0.749	0.649	0.884	0.773	0.430	0.536	0.737	0.149
Átlag	0.573	0.596	0.612	0.574	0.561	0.511	0.708	0.790	0.568	0.406	0.483	0.580	0.175
Szórás	0.118	0.220	0.209	0.179	0.158	0.204	0.225	0.112	0.349	0.173	0.178	0.137	0.024

**2. táblázat.** A KI/O1 amplitúdó faktorok hányadosai különböző légnyomás korrekcióval ellátott extenzométeres adatsorok esetében. UNC nem korrigált, EC ETERNA programmal, RC lineáris regressziós módszerrel, NNW1, NNW2, NNW3 különböző neurális hálózatokkal korrigált adatsorok (Mentes, 2015)

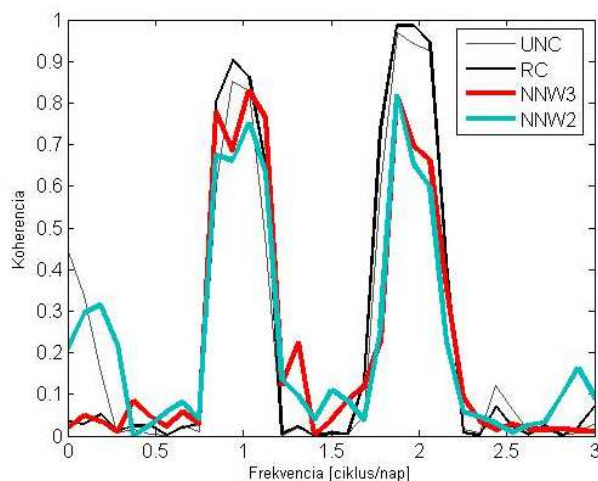
Ext. adat	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	átlag	szórás
UNC	0.671	0.683	0.682	0.697	0.733	0.773	0.711	0.668	0.861	0.765	0.679	0.720	0.059
EC	0.542	0.570	0.702	0.709	0.710	0.719	0.703	0.733	0.703	0.611	0.635	0.667	0.066
RC	0.695	0.520	0.706	0.720	0.731	0.753	0.696	0.658	0.772	0.673	0.660	0.689	0.067
NNW1	0.709	0.683	0.750	0.754	0.717	0.737	0.749	0.766	0.708	0.661	0.720	0.723	0.032
NNW2	0.618	0.643	0.602	0.730	0.767	0.704	0.729	0.676	0.724	0.890	0.616	0.700	0.084
NNW3	0.784	0.840	0.817	0.830	0.844	0.819	0.784	0.833	0.833	0.752	0.747	0.807	0.035
Átlag	0.670	0.657	0.710	0.740	0.750	0.751	0.729	0.722	0.767	0.725	0.676	0.718	0.057
Szórás	0.083	0.111	0.071	0.048	0.050	0.041	0.033	0.068	0.067	0.099	0.050	0.049	0.020

A pontosabb eredmények érdekében a jövőben a légnyomás korrekciója mellett az üreghatás korrekciójára is szükség lesz. Az  $\eta_{P1}$  értékeknek az elméletitől való eltérésének okaira több különböző obszervatórium adatainak kiértékelése adhatja meg a választ.

#### 4 Összefoglalás

A vizsgálat megmutatta, hogy extenzométeres mérésekből az FCN kimutatható, azonban az extenzométeres adatok további korrekciójára van szükség, hogy az FCN frekvenciáját is minél nagyobb pontossággal lehessen meghatározni. Ehhez nagy segítséget nyújthat, hogy négy különböző adottságú obszervatóriumban mért adatok állnak rendelkezésünkre. A vyhne-i és mátyáshegyi obszervatóriumok átvitele a naps árapályhullámok tartományában közel egy. Az obszervatóriumok topográfiaja és geológiai környezete eltérő. A mélysztintű extenzométer adatai a pécsi uránbányában (1040 m mélységben) és a közel fölötté elhelyezkedő felszíni bakonyai állomás eredményeinek összehasonlítása jó lehetőséget biztosít a topográfiai és geológiai hatások tanulmányozására. Ezen kívül további erőfeszítések szükségesek az extenzométeres adatok légnyomás és a hőmérséklet korrekciójának javítására, valamint az üreghatás figyelembevételére.

**Köszönetnyilvánítás.** Ezt a kutatást az OTKA támogatta a K109060 projekt keretében. Továbbá köszönet illeti Molnár Tibort a műszerek karbantartásáért és a kalibrálásokban nyújtott segítségével.



**7. ábra.** A Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatórium árapály átvitelét jellemző koherenciafüggvény különböző légnyomás korrekciók esetén. UNC nem korrigált, RC lineáris regressziós korrekció, NNW2 és NNW3 különböző neurális hálózattal való korrekció (Mentes 2015)

## Hivatkozások

- Amoruso A, Botta V, Crescentini L** (2012): Free Core Resonance parameters from strain data: sensitivity analysis and results from the Sasso (Italy) extensometers. *Geophys. J. Int.* 189, 923-936.
- Boyarsky EA, Ducarme B, Latynina LA, Vandercoilden L** (2003): An attempt to observe the Earth liquid core resonance with extensometers at Protvino Observatory. *Bull. d'Inf. Marrees Terr.*, 138, 10987-11009.
- Defraigne P, Dehant V, Hinderer J** (1994): Stacking gravity tide measurements and nutation observations in order to determine the complex eigenfrequency of the nearly diurnal free wobble. *J. Geophys.*, 99(B5), 9203-9213.
- Eper-Pápai I, Mentés Gy, Kis M, Koppán A** (2014): Comparison of two extensometric stations in Hungary. *Journal of Geodynamics*, 80, 3-11.
- Gebauer A, Steffen H, Kroner C, Jahr T** (2010): Finite element modelling of atmosphere loading effects on strain, tilt and displacement at multi-sensor stations. *Geophys. J. Int.*, 181, 1593-1612.
- Latynina LA, Szabó G, Varga P** (1984): Observations of the deformation of the Earth's crust in the "Mátyáshegy"-cave near Budapest. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 19(3-4), 197-205.
- Mentés Gy** (1983): Capacitive transducers for horizontal pendulums and gravimeters. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 18, 359-368.
- Mentés Gy** (1991): Installation of a quartz tube extensometer at the Sopron Observatory. *Bull. d'Inf. Marrees Terr.*, 110, 7936-7939.
- Mentés Gy** (2000): Influence of Temperature and Barometric Pressure Variations on Extensometric Deformation Measurements at the Sopron Station. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 35(3), 277-282.
- Mentés Gy** (2008): Observation of recent tectonic movements by extensometers in the Pannonian Basin. *Journal of Geodynamics*, 45, 169-177.
- Mentés Gy** (2010a): Quartz tube extensometer for observation of Earth tides and local tectonic deformations at the Sopronbánfalva Geodynamic Observatory, Hungary. *Rev. Sci. Instrum.*, 81, 074501, DOI:10.1063/1.3470100
- Mentés Gy** (2010b): Húsz éves a sopronbánfalvi extenzométer. *Geodézia és Kartográfia*, 62(11), 3-11.
- Mentés Gy** (2012): Observation of local tectonic movements by a quartz-tube extensometer in the Sopronbánfalva Geodynamic Observatory, in Hungary – Validation of extensometric data by tidal analysis and simultaneous radon concentration measurements. *Journal of Geodynamics*, 58, 38-43.
- Mentés Gy** (2015): Artificial neural network model as a potential alternative for barometric correction of extensometric data. *Bull. d'Inf. Marrees Terr.*, 149, 12001-12012.
- Mentés Gy, Eper-Pápai I** (2006): Investigation of meteorological effects on strain measurements at two stations in Hungary. *J. Geodyn.*, 41(1-3), 259-267.
- Ping J, Tsubokawa T, Tamura Y, Heki K, Matsumoto KT, Sato T** (2004): Estimating the Fluid Core Resonance based on Strain Observation. *Bull. d'Inf. Marrees Terr.*, 139, 11015-11023.
- Rochester MG, Smylie DE** (1965): Geomagnetic CoreMantle Coupling and the Chandler Wobble. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 10, 289-315.
- Völgyesi L** 2002. A pólusmozgás fizikai alapjai. *Geomatikai Közlemények*, 5, 55-73.
- Wahr JM** (1981): Body tides of an elliptical, rotating, elastic and oceanless Earth. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 64, 677-703.
- Wenzel HG** (1996) The nanogal software: Earth tide data processing package ETERNA 3.30. *Bull. d'Inf. Marrees Terr.*, 124, 9425-9439.