

## ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ ВО ВРЕМЕНИ

Гальфи Я. - Штегена Л.

Рассматриваются данные зарегистрированных значений температуры почвы для определения I-, II-, 22- и 40-50-летних рекуррентностей. При помощи однолетнего периода были определены значения теплового потока на двух венгерских станциях в гг. Буда и Матьяшфельд, равняющиеся  $1,17 \cdot 10^{-6}$  и  $0,83 \cdot 10^{-6}$  cgs соответственно. II- и 22 летние рекуррентности оценивались по данным доступных станций мира. Выявить 40-50-летнюю рекуррентность по имеющимся сведениям не представилось возможным.

J.Gálfi - L.Stegena

## GEOTHERMIC VARIATIONS IN TIME

Registered soil temperatures are investigated in order to detect recurrences of 1, 11, 22 and 40-50 years' duration. Using the 1 year's period values of the heat flow are determined at two Hungarian stations. At Buda this was found to be  $1,17 \cdot 10^{-6}$  cgs, at Mátyásföld  $0,83 \cdot 10^{-6}$  cgs. The recurrences of 11 and 22 years are rendered obvious taking into account the data available from stations throughout the world; a demonstration of the 40-50 years' recurrence was not possible.

## GEOTERMİKUS IDŐBELI VÁLTOZÁSOK

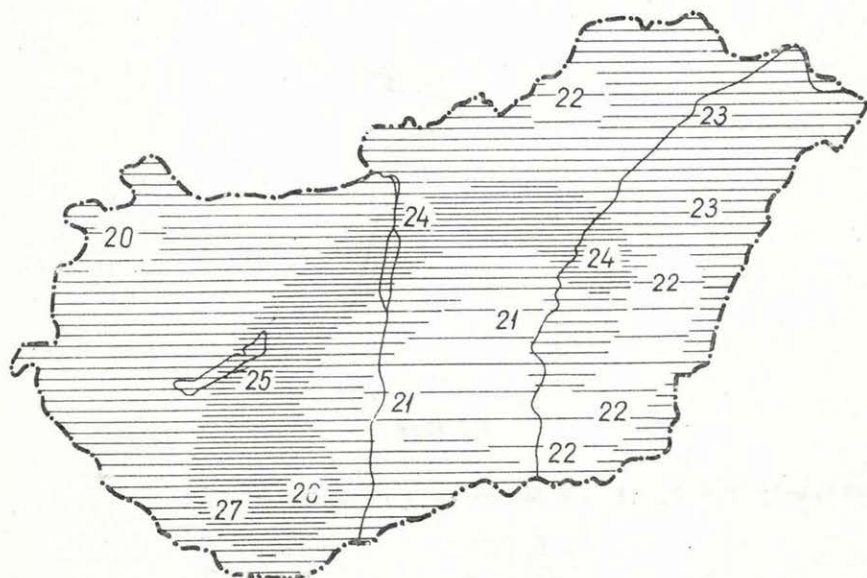
Gálfi János-Stegena L.

Előzetes kutatásainkban (1) a földkéreg szerkezetét tanulmányoztuk Magyarország területén. Vizsgálatainkat részben mesterséges robbantások segítségével, szeizmikus reflexiós és refrakciós módszerrel, részben pedig földrengések menetidőörbéjének, valamint a földkéreg alsó határán keletkező váltóhullámoknak tanulmányozásával végeztük. Eredményeinket az 1. ábra foglalja össze.

A földkéreg Magyarországon vékonyabb, mint átlagosan Európában.

Boldizsár Tibor (2) bányákban és mélyfurásokban végzett hőmérséklet-mérései és kőzetmintákon végzett hővezetőképesség-mérései azt adták eredményül, hogy a geotermikus hőfluxus értéke Magyarországon a világ-átlag 2-3-szorosa. Ennek okát Boldizsár a földkéreg különleges felépítésében keresi. Ez látszólag egyezik a mi földkéreg-kutatásainkkal. Mégis, a kvantitatív megfontolások azt mutatják, hogy a földkéregben mu-

tatkozó különbségek nem okozhatnak a földi hőáramban szignifikáns különbségeket, megfelelően annak a ténynek, hogy a földi hő eredete több száz km-nél mélyebben keresendő. Ez volt az egyik körülmény, amely figyelmünket a geotermika felé irányította.



1. ábra. Magyarország kéregvastagság, km-ben

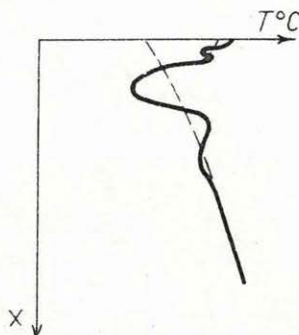
Ismeretesek azok az 50 év körüli periódusok, amelyeket Brouwer, Vestine, Barta (3) a Föld forgássebességében és a földmágnességben kimutattak. E változások okát, pl. Barta is, a földmágban keresi.

Ha a földképenyre nézve elfogadjuk a hővezetőképesség Uffen-féle (4) adatait, akkor számításokkal kimutatható, hogy bármely, ésszerűen nagy amplitudójú 50 éves hőperiódus sem képes a földfelszín közelébe jutni. Ha mégis észlelnénk a közethőmérsékletben ilyen periódust, akkor úgy ennek, mint a vele együttfutó forgássebességi változásoknak az okát külső hatóban kell keresnünk. Ez volt a második körülmény, amely kutatásainkat irányította.

A Föld hőmérséklete a felszíntől a mélység felé haladva növekszik. Erre rakódnak rá a periódikus változások. Ismeretesek a napi és az évi változások, amelyek a Föld forgásától és keringésétől származnak (2. ábra).

A napi változás túlságosan kis behatolóképességű ahhoz, hogy geofizikus azt hasznosítani tudja. Az évi menet viszont alkalmas arra, hogy belőle üledékes területen a geotermikus hőfluxus értékét meghatá-

roszuk. Üledékes kőzetekből nem lehet megnyugtató módon kőzetmintát venni, amelyekben azután laboratóriumban meghatározzuk a hővezetőképességet. Így kénytelenek vagyunk a tömör kőzetekből vett mintákra szoritkozni, ami meghatározásunkat könnyen irreálissá teheti. Ezért ilyen területeken az in situ meghatározás szinte egyedüli út.



2. ábra

Valamely  $T = T_0 \sin \omega t$  harmonikus hőhullám a

$$T = T_0 e^{-\frac{x}{\sqrt{h}}} \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2}} \cdot \sin \left( \omega t - \frac{x}{\sqrt{h}} \sqrt{\frac{\omega}{2}} \right)$$

képlet által megszabott amplitudóval és fáziskéséssel hatol le  $x$  mélységbe. Itt  $h$  a kőzet hődiffuzivitása. Ha két különböző mélységben végzünk hőmérsékletregisztrálást, akkor úgy hődiffuzivitást, mint a geotermikus grádienszt meg lehet határozni. Ez adatokból a földi hőáram:

$$Q = \frac{\partial T}{\partial x} \cdot h \cdot c \cdot \rho$$

ahol  $c$  a kőzet fajhője,  $\rho$  a sűrűsége. A fajhő és a sűrűség megmérése laboratóriumban a megkívánt néhány százalékos, vagy akár nagyobb pontossággal is, nehézség nélkül elvégezhető.

Magyarországon az Országos Meteorológiai Intézet tart fenn 19 talajhőmérsékletmérő állomást. Ezek területi elosztását mutatja a 3. ábra.

Az állomásokon 0-200 cm között regisztrálják a talajhőmérsékletet, mintegy 10 esztendeje. Mélyebb regisztrálás csupán Budapest (Kitaibel Pál u.) és Mátyásföld állomásokon történt, Budapesten 4 m-ig, Mátyás-

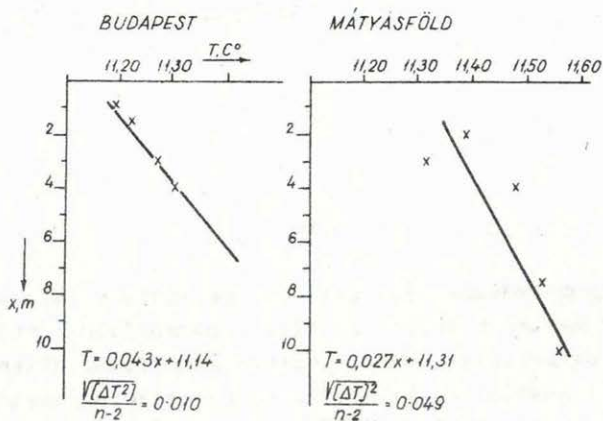
földön 10 m-ig. Így elsősorban erre a két állomásra szorítkoztunk, mert a nagyobb mélység miatt pontosabb eredményt lehet kapni, részben pedig mert e két állomás termikusan érdekes helyen van, a budapesti a nagy termális törésvonal közelében, a mátyásföldi semleges helyen.

A sok évi észlelés középértékeit az egyes mélységekben mutatja a 4. ábra.

Ezen az egyméter fölötti észlelések nem szerepelnek, mert ezeket a napi periódus beszűródése céljainkra alkalmatlanná teszi. Az egyes értékek feltehetőleg pontosak, mert sok évi észlelés középértékei. Biz-



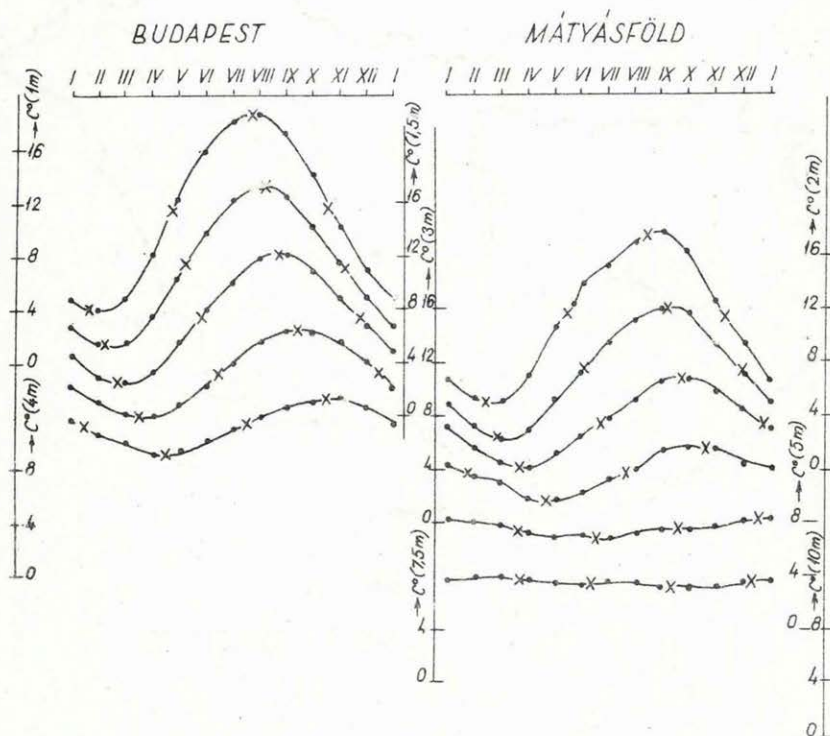
3. ábra



4. ábra

tosságukat rontja a hőmérők állásának (esetleg nullpont hibájának) ismeretlen volta. E hiba megismerése céljából a budapesti talajhőmérőket újrakalibráltuk. Megállapítható, hogy a 4. ábra pontjait legjobban közelítő egyenesek irántangensének, a geotermikus grádiensnek a hibája 10%-nál kisebb.

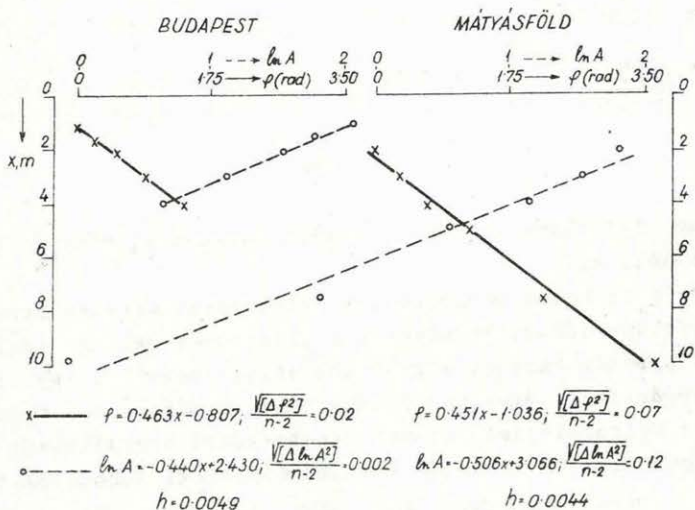
A hőmérsékletvezetőképesség meghatározása céljából kiszámítottuk mindkét állomáson a különböző mélységekben a közepes évi menetet. Ezeket a közepes évi meneteket, valamint az egyes görbék Fourier-sorának alapharmonikusának közép és szélsőértékeit (x) mutatja az 5. ábra.



5. ábra

Mivel függvényhossznak egy évet választottunk, így a Fourier-sor első komponense egyben a legjobban simuló harmonikus görbe. Az ábrából kiolvasható az egyes mélységekhez tartozó amplitudócsökkenés és fázisnövekedés. E két adatból meghatározható, mégpedig egymástól függetlenül a hődiffuzivitás.

Előző formulák szerint a fázisnövekedés, valamint az amplitudócsökkenés logaritmususa a mélység lineáris függvénye, ha a hőmérsékletvezetőképesség állandó (6. ábra).



6. ábra

Ez a Fourier-alapharmonikusokból számítható fázisnövekedéseket, és az amplitudócsökkenések logaritmusát ábrázolja, mint a mélység függvényét, mindkét állomáson. Fel vannak tüntetve az egyes adatsorokat legjobban közelítő egyenesek is. Ezeknek iránytangense fordítva arányos a hődiffuzivitás négyzetgyökével, s így ez számítható. A fázisból és amplitudóból meghatározott hődiffuzivitások jól egyeznek.

A sűrűség meghatározása céljából Budapesten 3, Mátyásföldön 6 mintát szedtünk. A fajhő meghatározására Budapesten 6, Mátyásföldön 12 mintán végeztünk mérést. A sűrűség és fajhőmérések pontossága 1% körüli volt. A 7. ábra táblázatosan összefoglalva mutatja a két állomáson mért gradiens, hőmérsékletvezetőképesség, fajhő és sűrűségértékeket, valamint a belőlük számítható hőáramot. Ennek értéke a termális vető közelében fekvő Budapesten  $1,17 \cdot 10^{-6}$  cal/cm<sup>2</sup> sec, míg Mátyásföldön  $0,83 \cdot 10^{-6}$  cal/cm<sup>2</sup> sec. Egyik érték sem haladja túl a világszámot.

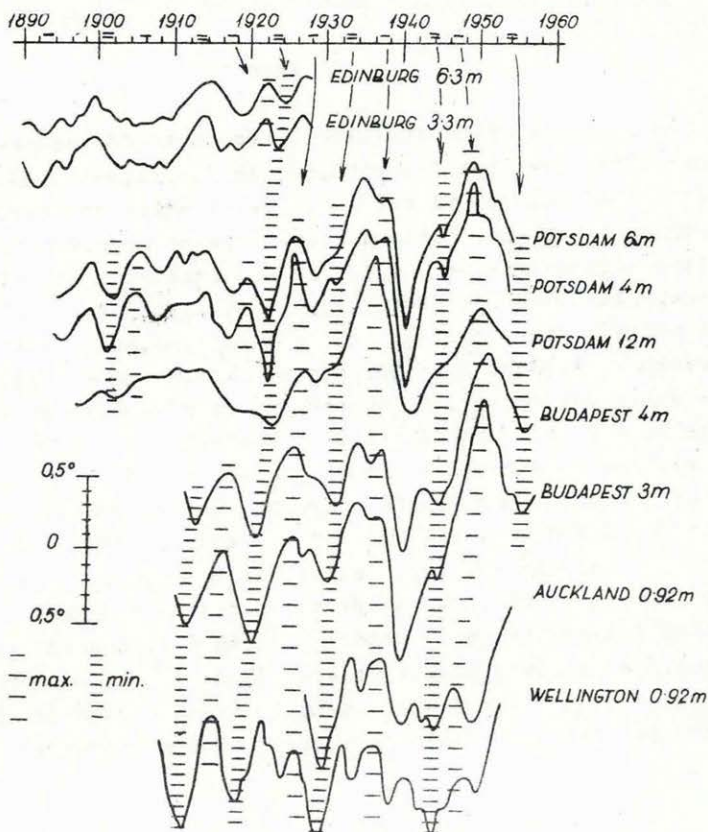
Áttérve a többi, 0-2 m között regisztráló állomásokra, ezek feldolgozása folyamatban van. Ezideig csupán 6 állomásról gyűjtöttünk mintát, fajhő és sűrűség meghatározása céljából, ami az átlagképzéshez még nem elegendő. Másrészt a kis mélység miatt a hőmérők esetleges nullpont-hibája fokozottan zavarja a gradiens meghatározást. Ezt a hibát

Állomás	Gradiens $\partial T / \partial x$	Diffuzivitás h	Fajl.ő c	Sűrűség $\rho$	Hőáram cal/cm <sup>2</sup> sec
Budapest	$430 \cdot 10^{-6}$	$49 \cdot 10^{-3}$	0,39	1,42	$1 \cdot 17 \cdot 10^{-6}$
Mátyásföld	$270 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$	0,39	1,77	$0 \cdot 83 \cdot 10^{-6}$

7. ábra

statistikus feldolgozás, de még inkább valamennyi hőmérő újrakalibrálása küszöböli ki.

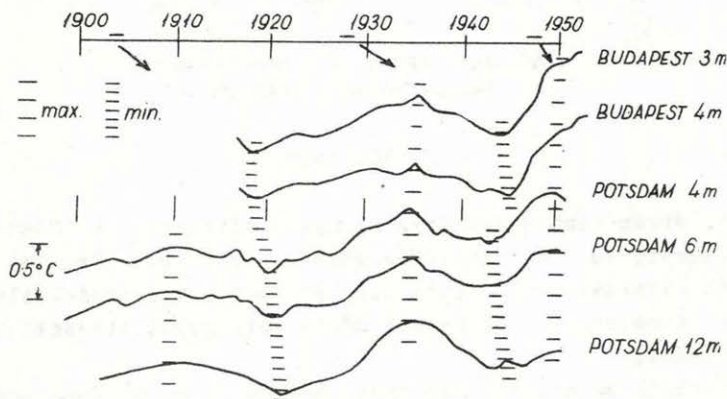
Áttérve a hosszabb periódusokra, kísérletet tettünk arra, hogy a 11 éves napfoltperiódust kimutassuk a talajhőmérsékleti adatokban. A köztés talajréteg kiszűri a gyorsabb változásokat, s így feltehető, hogy a napsugárzás 11 éves ingadozása nagyobb mélységben tisztábban jelentkezik. A Meteorológiai Intézet segítségével begyűjtöttük a világ különböző pontjairól a hosszabb talajhőmérsékleti sorozatokat.



8. ábra

A 8. ábra Edinburg, Potsdam, Budapest, Auckland, Wellington talajhőmérsékleti sorozatát mutatja, 1890-1958 között, valamint a napfolttevékenységet, a zürichi napfoltszámok minimum és maximum értékével jellemezve. A bemutatott ábra alapján valószínű, hogy a napfolt periódus a talajhőmérsékletben jelentkezik, különösen, ha azt is meggondoljuk, hogy az egyes sorozatok amplitudó és fázisviszonyait a kőzetdifuzivitás és az észlelési mélység befolyásolja. Ugyanakkor megjegyezzük, hogy az általunk e szempontból még megvizsgált Tokyo, Bombay és Wepener (Dél Afrika) állomásokon ez a fázisazonosság nem jelentkezett. Ezek az állomások igen nagy, szabálytalan járást mutatnak, feltehetőleg helyi hatók eredőjeként.

Továbbiakban kísérletet tettünk a Hale-féle kétszeres 22 éves napfolt periódus kimutatására.

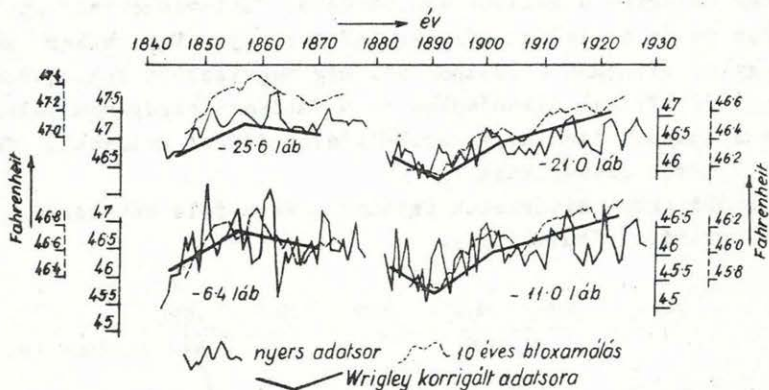


9. ábra

A 9. ábra bemutatja a budapesti és a potsdami adatsort, amelynél a rövidebb zavarok, elsősorban a normál napfoltperiódus eltüntetése céljából 10 évenként bloxamáltunk, azaz 10 éves ölelkeső közepeket képeztünk. Ugyanezen az ábrán a napfolttevékenység Hale-periódusának szélső értékei is fel vannak tüntetve, szintén zürichi definícióban. Megjegyezzük, hogy ezt a periódust más állomáson nem sikerült felfedezni, viszont az is igaz, hogy megközelítőleg sem álltak ilyen hosszú időtartamu és mélységű regisztrálások rendelkezésünkre.

Végül ami a leghosszabb általunk megvizsgált periódust, az 50 év körülit illeti, e téren már volt egy elődünk. R.W. Wrigley (5) 1838 - 1929 között Nagybritanniában végzett talajhőmérsékleti sorozatok alapján kimutatni vélte egy ilyen periódust, és azt a Hold mozgásának minor

fluctuációjával hozta összefüggésbe, azaz a Brouwer-periódus folytán a földkéregben létrejövő mozgások hőekvivalenseként értelmezte. Mi megkíséreltük e periódus kimutatását a hosszabb adatsoru Potadam, Colaba, Bangalore, Budapest állomásokon, egyelőre sikertelenül.



10. ábra

A 10. ábrán bemutatjuk Wrigley nyers adatsorát, a 10 éves bloxmált értékeket, és a Wrigley-féle görbét. Ez utóbbit Wrigley bizonyos korrekciók alkalmazásával hozta ki. Bár ezek a korrekciók elvileg helyesek, a három adatsor összetéve mégis kétségeket ébreszt a periódus létezése iránt.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a 11 és 22 éves periódusokat valószínűsítettük, az 50 éves periódus létezésére nem sikerült határozott ítéletet alkotni. E bizonytalanság oka, hogy nem állnak rendelkezésre elegendő hosszú, és főleg elegendő mélységben regisztrált, homogén adatsorok. A legmélyebb regisztrálás a potsdami 12 m-es, a többi lényegesen kisebb mélységben dolgozik. A hosszabb periódusok vizsgálatára nagyobb mélységekre van szükség, hogy a talaj szűrőhatása miatt minél tisztább regisztrátumokat nyerjünk.

E célok elérésére Tihanyban geotermikus regisztráló állomást létesítettünk.

Az állomás terv szerint 10, 30 és 100 m mélységben fog regisztrálni, kvarcúvegbe olvasztott platina hőmérőkkel. Jelenleg a 100 m-es regisztráló működik, kísérleti jelleggel, egy esztendeje. Az eddigi eredmények szerint nyugodt, sima regisztrátumok nyerhetők, és ilyen mélységben érdemes a távhőmérőt 0,0001 - 0,00001 C<sup>o</sup> pontosságra tervezni.

Kivánatos lenne, ha más országokban is létesülne hasonló mélységű geotermikus regisztráló állomás. Egy világhálózat esetén a Földet, legalább is annak külső részeit éppugy vizsgálhatnánk hőtani szempontból, mint ahogy a szeizmológia teszi rugalmasságtani szempontból.

## IRODALOM

- (1) Gálfi János - Stegena Lajos: A földkéreg felépítése Magyarországon. Geof. Közl. 1961. s.a.
- (2) Boldizsár T.: Terrestrial heat flow in Hungary. Nature, 178. 1956. Geofis. pura e appl. 34. 1956/II.
- (3) Brouwer, D.: A new discussion of the changes in the Earth's rate of rotation. Proc. Nat. Acad. Sci. 38, 1-2, 1952.  
Vestine, E.H.: On variations of the geomagnetic field, fluid motions and the rate of the Earth's rotation. J. of Geophys. Research. 58.2. 1953.  
Barta György: A mágneses évszázados változás okairól. Magyar Geofizika, 1. 1961.
- (4) Uffen, A.J.: Ph.D. Thesis, Univ of Western Ontario, Canada, 1952. - Jacobs, J.A.: The Earth's Interior. - Handbuch d. Physik, B, XLVII.-Geophysik I.