

Földi hőáram Edelényben

GREUTTER ANTAL*

Az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Edelény környékén lignitkutató fúrásokat végzett. A szerző az E-475. sz. kutatófúrásban az OFK FV által elvégzett helyszíni geofizikai és geológiai vizsgálatok, valamint saját laboratóriumi méréseinek eredménye alapján meghatározta a földi hőáramot, majd ezt a Kárpát medencében már meglevő geotermikus kutatási eredményekkel összevetve általános értékelést adott a geotermikus kutatások jelentőségéről és eredményeiről.

Предприятием по геологической разведке и бурению были пробурены скважины на lignite около с. Эделень. На основании скважинных геофизических и геологических работ, проведенных вышеуказанным предприятием в разведочной скважине № E-475, а также собственных лабораторных измерений автор определил тепловой поток Земли, затем сопоставив его с уже имеющимися в Карпатском бассейне результатами геотермических исследований, дал общую оценку о значении и результатах геотермических исследований.

The National Enterprise for Geological Exploration and Boring has conducted exploratory drillings for lignite in the environs of Edelény. Basing on the geophysical and geological investigations conducted on the spot in the exploratory borehole E-475 as well as on his laboratory measurements the author has determined the terrestrial heat flow; then he compared the obtained value with the existing investigation results within the Carpathian basin and he gave a general appreciation of the importance of geothermic research.

Bevezetés

A magyar medencében végzett eddigi geotermikus kutatások egységesen magas hőmérsékletgradiens- ($45-70\text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$) és földi hőáram-értékeket ($2,0-2,7\text{ }\mu\text{cal}/\text{cm}^2\text{s}$) szolgáltatottak [2], [4].

Magyarországon és egyúttal az európai kontinensen az első hővezetőképességmérések, amelyek jelenleg is ezen érdekes geotermikus jelenség vizsgálatát szolgálják, a Soproni Műszaki Egyetemen Boldizsár Tibor egyetemi tanár által alapított geotermikus laboratóriumban 1953-ban indultak meg. Az első mérések alapján számított földi hőáram értékek az $1,2\text{ }\mu\text{cal}/\text{cm}^2\text{s}$ értékű világátlag kétszeresét adták. Mind a további hazai, mind pedig az ország területén kívül, de a Kárpát medencében végzett mérések [5] megerősítették azt a nézetet, miszerint a magyar medencében pozitív geotermikus anomália létezik, amely a Kárpátok vonulatán belüli egész területre kiterjed.

Az 1968-70 évek folyamán az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Edelény környékén több lignitkutató fúrást mélyített le. Az E-475 számú fúrásban megbízható hőmérsékletméréseket és sűrű mintavételezést végeztek, ami lehetővé tette, hogy a geotermikus vizsgálatokat Magyarország ÉK-i részére kiterjesszük.

Edelény környékének általános geológiája

Edelény vidékétől kezdve a Bódva és Rakaca völgye mentén húzódik a paleozoos képződményekből álló, lekopott tönkhegység, a Szendrői szigethegység, amely DNY felé, a Sajó-völgyi barnakőszénmedence ÉK-i peremén is felszínre bukkan.

* MTA Bányászati Munkaközösség Miskolc

A Szendrői szigethegység képződményeit a felső karbonhoz sorolják, de a képződmények rétegtani értékelése nem egyértelmű.

Az alsó miocén felszíni elterjedésének DK-i széléhez a felső miocént képviselő, kavics-, homok- és agyagrétegek csatlakoznak, amelyeknek közvetlen fedőjében a szarmata-vulkánosságot bizonyító felső riolittufacsoport is megtalálható.

A hegység DK-i részén, a szarmata terület K-i oldalán, az alsó pannon nagyobb felszíni foltja mutatkozik, de a hegység belsejében, a paleozoos sziget-rögök által közrefogva is fellépnek a pannon üledékek. E képződmények Szendrő, Abod, Galvács környékén lignittelepeket is tartalmaznak.

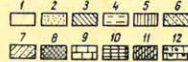
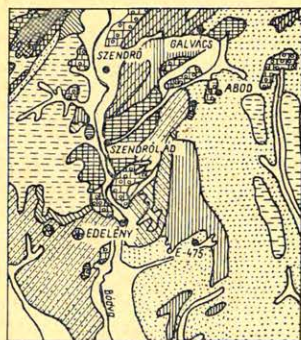
A Bódva és Hernád völgye közé eső Cserehát széles területén a Szendrői szigethegységtől K-re és DK-re, a medence belseje felé kékecsszürke agyag- és fehér homokrétegekből álló felső pannoncsoport mutat nagyobb felszíni elterjedést. Itt a kavics már alárendelt szerepet játszik, vékony lignittelepek itt is jelentkeznek. A hegységtől KÉK-re, a Hernád völgyéig terjedő részen a felső pliocén homokos, homokköves, kavicsos szárazföldi lerakódásai mutatkoznak kisebb-nagyobb felszíni foltokban.

A Szendrői szigethegységet alkotó képződmények általában ÉK – DNY-i csapásúak, azonban a hegység ÉK-i részében NY – K-i csapásba hajlanak át. A hegység szerkezetét gyűrődés és pikkelyeződés jellemzi. E hegységszerkezet már a felső karbon variszkuszi mozgásai során kialakult.

Edelény környékének geológiai térképét az 1. ábra mutatja, feltüntetve E – 475. sz. fúrást is.

1. ábra. Edelény környékének geológiai térképe Kovács L. nyomán. *Jelmagyarázat:* 1. Holocén. Öntéshomok, iszap, agyag. 2. Pleisztocén. Löss. – 3. Nyirok. – 4. Felső-pannon. Agyag, homok. – 5. Alsó-pannon. Homok, agyag, kavics. – 6. Szarmata: Kavics, homok, agyag. – 7. Burdigalai. Homok, homokkő, kavics, agyag. – 8. Középső triász. Dolomit, mészkő. – 9. Mészkő, márga. – 10. Alsó karbon. Sötétszürke agyagpala és mészkő. – 11. Devon. Szürke agyagpala, kovapala, homokkő. – 12. Fehér vagy szürke féligkristályos mészkő.

Рис. 1. Геологическая карта окружности с. Эделень по Л. Ковач. *Условные обозначения:* 1. Голоцен. Элювиальный песок, ила, глина. – 2. Плейстоцен, Лёсс. – 3. Элювиальная песчаная ила. – 4. Верхний паннон. Глина, песок. – 5. Нижний паннон. Песок, глина, гравий. – 6. Сармата. Гравий, песок, глина. – 7. Бурдигалия. Песок, песчаник, гравий, глина. – 8. Средний триас. Доломит, известняк. – 9. Известняк, мергель. – 10. Пиний карбон. Бемносерые глинистые сланцы и известняки. – 11. Девон. Серые глинистые сланцы, кремнистые сланцы, песчаник. 12. Бедый или серый полукристаллический известняк.



Geo 77/6-1

Fig. 1. Geologic map of the environs of Edelény basing on the data of Kovács L. *Legend:* 1. Holocene. Fluvial sand, silt, clay. – 2. Pleistocene. Loess. – 3. Red clay. – 4. Upper Pannonian. Clay, sand. – 5. Lower Pannonian. Sand, clay, gravel. – 6. Sarmatian. Gravel, sand, clay. – 7. Burdigalian. Sand, sandstone, gravel, clay. – 8. Middle Tertiary. Dolomite, limestone. – 9. Limestone, marl. – 10. Lower Carboniferous. Dark-grey shale and limestone. – 11. Devonian. Grey shale, siliceous shale, sandstone. – 12. White or grey half-crystalline limestone.

Az átfúrt rétegösszlet geológiai jellemzése

Az E – 475. sz. kutatófúrás 631 m mélységig hatolt le, közben az alábbi rétegekről adva felvilágosítást:

0 – 15 m holocén-pleisztocén agyagos homok és agyag
 15 – 145 m pannon agyag, homok, aleurit, márga, lignittörmelék homok
 145 – 343 m szarmata agyag, homok, aleurit, riolittufa, homokkő, lignit
 343 – 358 m helvét-torton agyag, homok, aleurit
 358 – 599 m helvét agyag, homok, homokkő, kavics, aleurit, barnakőszén
 599 – 625 m burdigál homokos kőzetliszt, alaphegységi kőzettörmelék
 625 – 631 m devon szericites mészkő, meszes szericites agyagpala

Az alaphegységi kőzettörmelék már kb. 612 m mélységben megjelenik.

Hőmérsékletmérések az E-475 sz. fúrásban

A hőmérséklet mélységbeli változására a termoszelvény jó áttekintést ad, az eredeti talphőmérséklet pontos értékét a maximum-hőmérővel nyert adatok szolgáltatják.

A talphőmérséklet-méréseket 3 higanyos maximum-hőmérővel végezték, 0,1 °C leolvasási pontossággal. A 3 hőmérővel mért értékek átlagaként 626 m mélységben 47,0 °C hőmérséklet adódott.

E területen a felszíni átlaghőmérséklet + 11 °C, így a hőmérsékletgradiens értéke:

$$\frac{\Delta T}{H} = \frac{47 - 11}{0,626} = 57,51 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{km}$$

Hővezetőképesség-mérések

1. táblázat – таблица – Tabelle

Hővezetőképesség- és porozitásmérések

A minta szár- maztatási mélysége (m)	Mélységhatárok (m)	Mélységköz H (m)	Hővez. kép. λ cal/cm s°C	Porozitás ϕ
	0			
15	19,00	19,00	0,002091	0,23
23	34,25	15,25	0,002295	0,21
45,5	51,75	17,50	0,002580	0,23
58	79,00	27,25	0,001557	0,33
100	110,20	31,20	0,001308	0,30
120,4	164,95	54,75	0,001837	0,30
209,5	229,75	64,80	0,002776	0,17
250	289,25	59,50	0,003640	0,07
328,5	427,25	138,00	0,003769	0,39
526	533,50	106,25	0,002659	0,22
541	559,50	26,00	0,002540	0,19
578		66,50	0,002720	0,17

Az *E-475* sz. fúrásból származó magmintákon hővezetőképesség-méréseket végeztünk. A sűrű mintavétel és a vizsgálandó minták nagy számban történt kiválasztása ellenére az erős morzsalékosság miatt csupán *12 mag* volt alkalmas vizsgálat elvégzésére.

A hővezetőképesség-méréseket stacioner módszerrel végeztük. Hővezetőképesség-mérések mellett porozitásméréseket is végeztünk. A mérések eredményeit az *1. táblázat* tartalmazza. Hővezetőképesség-méréseink közvetlenül csupán a légszáraz anyag hővezetőképességét adták meg. A kőzetanyag pórus-térfogatót kitöltő rétegfolyadék hatásának figyelembe vételére a mért értékeket a porozitás értékének segítségével korrigáltuk [8]. A számítás eredményeit a *2. táblázat* tartalmazza.

2. táblázat – таблица – Tabelle

Korrigált hővezetőképesség-értékek

Mélységköz ΔH (m)	Korrektíós tényező $\beta=1+4,84 \psi$	Korrigált hővezetőképesség-értékek $\lambda_i = \beta \lambda$ (cal/cm s °C)	Számítás $\frac{\Delta H_i}{\lambda_i}$
19,00	2,113	0,004418	430058,9
15,25	2,016	0,004627	329587,2
17,50	2,113	0,005452	320983,1
27,25	2,597	0,004044	673837,8
31,20	2,452	0,003207	972871,8
54,75	2,452	0,004504	1215586,1
64,80	1,823	0,005061	1280379,4
59,50	1,339	0,004874	1220763,2
138,00	2,888	0,010885	1267799,7
106,25	2,065	0,005491	1934984,5
26,00	1,920	0,004877	533114,6
66,50	1,823	0,004959	1340996,2

$$\Sigma \frac{\Delta H_i}{\lambda_i} = 11,5209625 \cdot 10^6$$

Ha az átfúrt réteggösszetlet geometrikus szempontból koronként vesszük figyelembe, az egyes, különböző korú rétegekre az egyedi vizsgálatok alapján az alábbi átlagos hővezetőképességeket kaptuk:

0 – 145 m pannon	0,004375 cal/cm s °C
145 – 343 m szarmata	0,006940 cal/cm s °C
343 – 599 m helvét	0,005109 cal/cm s °C

A hővezetőképesség ezen értékeivel, a hozzájuk tartozó mélységközökre, az azokhoz tartozó mélységi hőmérsékletek pontos ismeretében meghatározhatók az egyes réteggösszetletre vonatkozó egyedi földi hőáramértékek, amelyek segítséget adnak a fúrás teljes szelvényében kialakult hőmérsékletviszonyok vizsgálatához.

A földi hőáram számítása

A földi hőáram kiszámításához az alábbi összefüggést használtuk:

$$q = \frac{\Delta T}{\sum \frac{\Delta H_i}{\lambda_i}},$$

ahol

ΔT = hőmérsékletkülönbség a vizsgált szelvényben, °C,

λ_i – a ΔH_i vastagságú egyedi rétegek hővezetőképessége, cal/cm s °C.

A földi hőáram értéke a 2. táblázat adatai alapján:

$$q = 3 \cdot 13 \text{ } \mu\text{cal/cm}^2 \text{ s.}$$

Topografikus korrekciót nem végeztünk, tekintettel arra, hogy a terep felszíni domborzata nem mutat olyan szintváltozásokat, amelyek azt szükségessé tennék.

Következtetések

Az $x = 48^\circ$ és $y = 20^\circ 46'$ földrajzi koordinátájú edelényi E-475. sz. kutatófúrásban végzett hőárammérés $3,13 \text{ } \mu\text{cal/cm}^2 \text{ s}$ értékével tovább gyarapítja a Kárpát medencéről nyert hőáram-ismereteinket.

A Kárpát medencében mért és ez ideig publikált hőáram-értékeket a 3. táblázat tartalmazza [1], [3], [6], [7].

3. táblázat – мабууа – Tabelle

Hőáramértékek a Kárpát medencében

Hely	Koordináták		Hőáram	Szerző
	x	y	$\mu\text{cal/cm}^2 \text{ s}$	
Zobák	46°11'	18°14'	3,31	Boldizsár
Nagylengyel	46°46'	16°45'	1,9 – 2,0	Boldizsár
Hosszúhetény	46°10'	18°22'	2,49	Boldizsár
Banska Stiavnica	48°27'	18°53'	2,66	Boldizsár
Hajdúszoboszló	47°26'	21°23'	2,2 – 2,6	Boldizsár
Bakonya	46°05'	18°05'	2,46	Boldizsár
Szentendre	47°41'	19°05'	2,01	Boldizsár
Zalush	48°24'	22°42'	2,60	Lubimova
Malacky	48°27'	17°00'	1,57	Cermak
Láb	48°23'	16°57'	2,22	Cermak
Kolárovo	47°56'	18°01'	2,32	Cermak
Ptruksa	48°29'	22°04'	2,45	Cermak
Stretava-5	48°37'	22°03'	2,70	Cermak
Stretava-7	48°36'	22°04'	2,70	Cermak
Edelény	48°18'	20°46'	3,13	jelen szerző

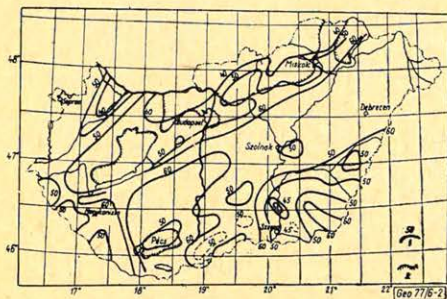
A Magyar Tudományos Akadémia Bányászati Munkaközösségének Geotermikus Laboratóriumában (Miskolc) 1974–75. folyamán hőáramméréseket végeztünk csehszlovák területen mélyített 1500–2000 m mélységű fúrásokban. A mérések eredményeit a 4. táblázat közli.

A magyar medencében végzett geotermikus kutatások eredményeként itt említhető Magyarország hőmérsékletgradiens-térképe, amelyet a 2. ábra mutat [9].

A magyar medence földi hőáram térképét Boldizsár [9] szerint a 3. ábra mutatja.

Legújabb hőárammérések Szlovákiában

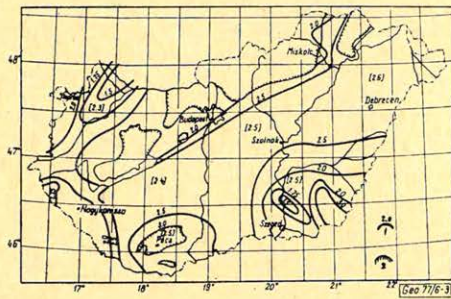
Hely	Földrajzi koordináták		Hőáram
	x	y	$\mu\text{cal}/\text{cm}^2\text{s}$
Streda nad Bodrogom	48°23'	21°44'	2,57
Topolnicky	47°58'	17°48'	1,71
Chorvatsky Grob	48°18'	17°15'	1,2 – 1,7
Kralova pri Senci	48°11'	17°23'	1,98
Bratislava Rusovce	48°04'	17°09'	1,45



2. ábra. A magyar medence hőmérsékletgradiens térképe (1. Hőmérsékletgradiens, $^{\circ}\text{C}/\text{km}$. 2. Miocén és idősebb korú képződmények felszíni kibúvási)

Рис. 2. Карта температурных градиентов в Венгерском бассейне (1. Температурный градиент, $^{\circ}\text{C}/\text{км}$ – 2. Выходы формаций миоцена и более древних возрастов на дневной поверхности).

Fig. 2. Temperature-gradient map of the Hungarian basin. (1. Temperature gradient, $^{\circ}\text{C}/\text{km}$. 2. Miocene and older formations in surface outcrops)



3. ábra. A magyar medence földi hőáram térképe. A zárójelbe foglalt hőáramértékek az alaphegység topografikus hatásától mentes regionális mélységi hőáram valószínű értékét jelzik (1. Hőmérsékletgradiens $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ – 2. Miocén és idősebb korú képződmények felszíni kibúvási)

Рис. 3. Карта теплового потока земли в Венгерском бассейне. Значения теплового потока земли в скобках показывают вероятное значение регионального глубинного потока тепла, свободное от топографического эффекта фундамента.

Fig. 3. Terrestrial heat-flow map of the Hungarian basin. The heat-flow values in brackets indicate the probable values of the heat-flow at depth free from the topographic effect of the basement. (1. Temperature gradient $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ – 2. Surface outcrops of miocene and older formations)

A földi hőáram-térkép az Északi Középhegység lábánál $2,0 - 2,5 \mu\text{cal}/\text{cm}^2\text{s}$ értéket mutat. Ehhez képest a közeli, edelényi $3,13 \mu\text{cal}/\text{cm}^2\text{s}$ érték nagyon tűnik.

Ennek okát keresve, elsősorban ki kell zárunk a felszíni topografikus hatásokat, amelyek, mint már azt az előbbieken említettük, elhanyagolhatók. Ezzel szemben lényeges körülményként kell számításba venni azon tényt, miszerint a fúrás, melyre nézve a hőárammérés történt, már 612 m mélységben elérte az alaphegységet. Az alaphegység emelkedése és magas elhelyezkedése lehet az az ok, amellyel a mért anomália magyarázható. A jó hővezetőképességű alaphegység felemelkedett helyzetben több belső hő feláramlását teszi lehetővé,

mint a mélyebb helyzetben levő nagy vastagságú, kisebb hővezetőképességű harmadkori üledékkel fedett alaphegység-rögök. Ezt a jelenséget, az alaphegység topográfiájának hatását a felszíni hőáramra másutt is felderítettük. Legjobb példa erre a makói árok és az Orosháza – Pusztaszentlászlói hátság (2. és 3. ábrák).

A Kárpát-medence pozitív geotermikus anomáliája, amelyből kedvező geotermikus energetikai adottsága is következik, határozottan szembeötlik, ha a szárazföldi hőáramnak 1976-ban a World Data Center A által készített világtérképét [10], amelyen minden eddigi, világszerte végzett hőárammérés feltüntetésre került, megvizsgáljuk. Megállapítható, hogy Európában a legnagyobb kiterjedésű, eddig ismert pozitív geotermikus anomália a Kárpát-medence belsejében, hazánkban és az ahhoz szorosan csatlakozó területeken található. Kisebb kiterjedésűek a Kaukázus ÉK-i lejtőjén és Örményországban felfedezett területek, valamint a Rajna-árok környékén észlelt pozitív anomália.

Geotermikus energetikai kutatások révén jelentős geotermikus anomália vált ismeretessé az Appeninek *DNy*-i szárnyán Pisától Nápolyig, amelyhez a Tirreni tenger medencéjében mért nagy földi hőáramok is kapcsolódnak. Úgy látszik, hogy az Appeninek, valamint Szicília és Szardínia között levő medencében egyenletesen nagy földi hőáram észlelhető, ami bizonyos analógiát mutat a Kárpát-medence belsejében, különösen hazánkban részletesen észlelt nagy földi hőárammal.

Az ázsiai és afrikai kontinensen, valamint Dél-Amerikában végzett hézagos mérések szerint jelentős kiterjedésű pozitív anomália ez idő szerint nem ismeretes. Nagy területű pozitív geotermikus anomáliák találhatók még Észak-Amerika *Ny*-i részén, a Sziklás hegység és a Great Basin egyes területein is.

A geotermikus vizsgálatok tudományos és gazdasági eredménye

Mai ismereteink szerint tehát a Kárpátok és a Dinaridák övezte medence a szárazföldek területén világviszonylatban megismert, nagy földi hőárammal kitüntetett területek között a legnagyobb méretű és a legrészletesebben felkutatott terület. A pozitív geotermikus anomália felfedezése nemcsak nagy geofizikai jelentőségű, melynek nemzetközi visszhangja sem maradt el, hanem ennek az anomáliának a mérésekkel végzett felismerése révén kezdeményezés is történt a medencében tárolt óriási térfogatú forró vízmennyiség nagy energiataartalmának energetikai célú kitermelésére [11]. Az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság által támogatott nagyszabású munkálatok eredményeként ma Magyarország a geotermikus energiát hasznosító országok között vezető helyet foglal el.

Az Olajtermelési Tanszék legújabb geotermikus energiakészlet-felmérése alapján a magyar medence felső-pannon üledékeiben tárolt hőmennyiség értéke $768 \cdot 10^{18}$ cal. Ez az energiamennyiség a felső-pannon rezervoár 1000 m mélység alatti $17\,490$ km³ üledéktérfogatában levő 3470 km³ forróvízben tárol. Összehasonlításként megjegyezzük, hogy a Kaliforniai The Geysers gőzmező, amely jelenleg 600 MW villamos energiát termel, az US Geological Survey 1975. évi készletbecslése szerint $18,9 \cdot 10^{18}$ cal hőmennyiséget tartalmaz. Így a magyar medencében megismert és körülhatárolt geotermikus energiamennyiség jelenleg az egész világon eddig ismert geotermikus mezők között a legnagyobb hőtartalommal rendelkezik.

Jelenleg 151 db, 60–99 °C hőmérsékletű, nagy energiájú geotermikus kutunk hóteljesítménye 860 MW. Ebből 290 MW ténylegesen hasznosítva van.

A magyar medence geotermikus anomáliájának felfedezése a nemzetközileg is elismert tudományos eredmény mellett lehetővé tette a geotermikus energia-termelés hazai kifejlesztését fűtési célokra és ezzel nagy lehetőség nyílt meg arra, hogy a fontosabb célokra is hasznosítható szénhidrogén-termelésünket és importunkat tehermentesítsük.

IRODALOM

- [1] *Boldizsár T.*: 1956. — Measurement of Terrestrial Heat Flow in the Coal Mining District Komló. Acta Technica Acad. Sci. Hung., XV., 219–228.
- [2] *Boldizsár T.*: 1958. — Geothermic Investigations in the Hungarian Plain. Acta Geologica, V., 245–254.
- [3] *Boldizsár T.*: 1959. — Terrestrial Heat Flow in the Nagylengyel Oilfield. Publ. Min. Fac. Sopron, XX., 27–34.
- [4] *Boldizsár T.*: 1964. — Heat Flow in the Hungarian Basin. Nature, 202, 1278–1280.
- [5] *Boldizsár T.*: 1964. — Terrestrial Heat Flow in the Carpathians. J. Geophys. Res., 69, 5269–5275.
- [6] *Cermak C.*: 1967. — Results of Geothermic Investigations. Studia Geoph. et Geod. 11, 342–344.
- [7] *Lubimova E. A.*: 1966. — Ocenka raszpredelenija glubimogo teplovogo potoka. Izdatelstvo Nauka, Moskva, 50–51.
- [8] *Boldizsár T.*: 1965. — Heat Flow in Oligocene Sediments at Szentendre. Pure and Applied Geoph., Vol. 61. 153–164.
- [9] *Boldizsár T.*: 1973. — Positive Heat Flow Anomaly in the Carpathian Basin. Data and Method Reviews And Research Notes, Geothermics, Vol. 2, No. 2.
- [10] Terrestrial Heat Flow Data, Published by World Data Center A for Soli Earth Geophysics, Boulder, Colorado (USA), 1976.
- [11] *Boldizsár T.*: 1962. — Geotermikus energia készletünk hasznosítása. Bányászati Lapok 100, 631–633.

Lapszemle

Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica, Tom. 10. Fasc 3., 1975

Steiner F.: The proper use of gravitational filters (A gravitációs szűrők helyes alkalmazása) 189 old.

Ádám A. – Wallner Á.: Influence of tectonics on the direction of induction arrows in the Carpathian Basin (A tektonika hatása az indukciós nyilak irányára a Kárpát-medencében) 199 old.

Arnold K.: Laserentfernungsmessungen zum Mond (Lézer-távolságmérések a Holddal kapcsolatban) 207 old.

Verő J. – Wallner Á.: On the diurnal variation of the geomagnetic activity (A Földmágneses aktivitás napi változásáról) 239 old.

Verő J.: Geomagnetic pulsations around impulses (role of the plasmopause) — Földmágneses pulzációk az impulzusok körül (a plazmapauza szerepe) 247 old.

Rokityansky I. I. – Kulik S. N. – Logvinov L. M. – Shuman V. N.: The electric conductivity anomaly in the Carpathians (Az elektromos vezetőképesség anomáliája a Kárpátokban) 255 old.

Treumann R. – Schäfer K.: Statistical basis for geomagnetic induction theory (Statistikai alap a geomágneses indukciós elmélet számára) 287 old.

Takács L.: Experimental results with the characterization of geomagnetic micropulsations. V. (Kísérleti eredmények a geomágneses mikropulzációk jellemzésére, V. rész) 307 old.

Nagy D.: On gravimetric geoid computations (Graviméteres geoid-számításokról) 321 old.

Cz. Miletus J. – Holló L. – Verő J.: Bibliography of geomagnetic pulsations II (Geomágneses pulzációk bibliográfiája, II. rész) 339. old.

T. G.