

Szűrt gravitációs anomáliák értelmezésének problémái*

KOVÁCS FERENC – VARGA IMRE**

Az OKGT Gravitációs Osztálya a Nagyalföld jelentős részén elvégezte a rendelkezésre álló átnézetes mérések adataiból előállított Bouguer-térképek átalakítását digitális szűréssel. Az elmúlt néhány év alatt e szűrések eredményeivel sikerült több perspektívikus területre ráirányítani a figyelmet. Ezek közül elsősorban Szeged, Kiskunhalas, valamint Komádi térségét kell megemlíteni.

A szűrt térképek felhasználásánál azonban – amint arra a szerzők már előző dolgozatokban is rámutattak – a nem megfelelő mintavételezés következtében torzulásokkal kell számolni. A jelen dolgozat néhány gyakorlati példát mutat be arra, hogy a terelellátással kapcsolatban milyen követelményeket kell szem előtt tartani. Az ismertetett példák bizonyítják a gravitációs adatok szűrésének hasznosságát mind a további geofizikai mérések tervezésénél, mind pedig a vizsgált területek földtani felépítésének vizsgálatánál. Részletes analízisre azonban a szerzők szerint csak a nagy pontosságú részletes mérések alkalmasak és ezek adnak lehetőséget a gravitációs és szeizmikus mérési eredmények integrált értelmezésére.

Гравитационный отдел Треста нефтяной и газовой промышленности провел трансформацию карт аномалий Буге, полученных по данным рекогносцировочных съемок, путем цифровой фильтрации для значительной части Большой Венгерской низменности. За последние годы результаты фильтрации обратили внимание на ряд перспективных районов. Среди них в первую очередь стоит отметить районы населенных пунктов Сегед, Кишкунхалаш и Комádi.

Однако, при использовании этих карт – как на это авторы указали уже в предыдущих работах – в связи с возможными несоответствующими выборками, можно считать с искажениями. В настоящей работе приводится несколько практических примеров для иллюстрации требований, предъявляемых к созданию полей. Приведенные примеры свидетельствуют о полезности фильтрации гравиметрических данных как при проектировании дальнейших геофизических работ, так и при изучении геологического строения исследуемых районов. Однако, по мнению авторов, подробному анализу целесообразно подвергать лишь высокоточные детальные исследования, позволяющие проводить комплексную интерпретацию результатов гравиметрических и сейсмозаписочных работ.

The Gravity Department of OKGT (National Oil and Gas Trust) has completed the transformation – by digital filtering – of maps of Bouguer anomalies, basing on reconnaissance surveys' data being at disposal, as yet. During the recent years we succeeded to direct the attention towards several perspective areas using the results of filtering works. First of all are to be mentioned here the districts of Szeged, Kiskunhalas and Komádi.

With the use of filtered maps, however, as it has been pointed out earlier, we must take into account some distortions owing to poor quality sampling. The article presents some practical examples, which requirements are to be fulfilled in connection with the representation of fields. The examples are proving the usefulness of filtering of gravity data both for the planning of further geophysical measurements, as well as for the investigation of geological structure of the territories involved. In any case, a detailed analysis – according to the authors' opinion – is possible only when using detailed data of high accuracy and only these provide the possibility of an integrated interpretation of gravity and seismic results.

A szűrt átnézetes gravitációs térképek jelentősége főleg abban van, hogy kiindulási alapot szolgáltatnak további geofizikai mérésekhez azon elméleti megfontolások és gyakorlati tapasztalatok alapján, hogy bizonyos spektrális követelményeket kielégítő szűrt anomáliák szénhidrogén-kutatás szempontjából érdekes földtani szerkezetek indikációinak tekinthetők.

* Elhangzott a 7. Geofizikai Vándorgyűlésen, 1974. novemberben, Szolnokon.

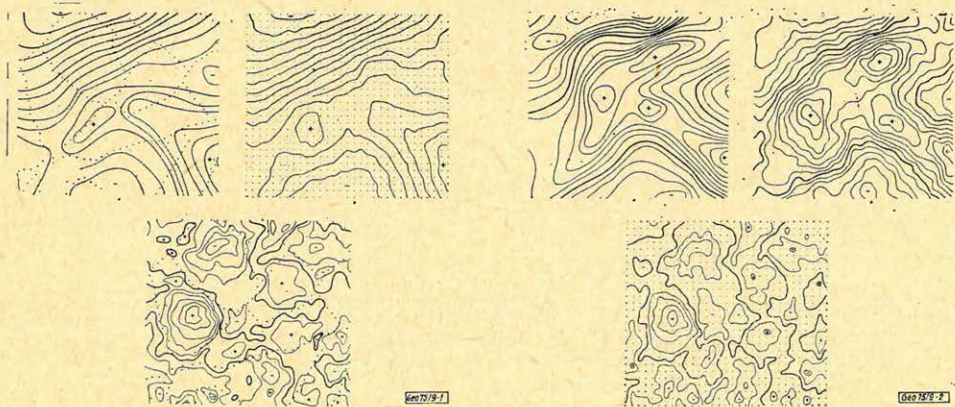
** Kovács Ferenc – Varga Imre; Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Geofizikai Kutatási Üzem, Budapest.

Tudnunk kell azonban, hogy az átnézetes Bouguer-térképek, és így a belőlük előállított szűrt térképek felhasználásánál is, a nem megfelelő mintavételezés következtében torzulásokkal kell számolnunk. Erre a problémára már a graviméter-mérések kezdeti szakaszában felfigyeltünk, és a kérdés lényegét a mintavétel-elmélet alapján tisztáztuk. Azóta – mivel egyre több megfelelő részletességgel felmért területtel rendelkezünk – számos gyakorlati példát tudunk a tételállítással kapcsolatosan felmerülő követelmények igazolására felsorakoztatni.

Az 1. ábrán a probléma érzékeltetésének egy nagyon szemléletes módját választottuk. Az 1a. ábrán Kiskunhalas – ÉK – Tázlár kutatási terület átnézetes mért anomáliaképe látható, a mérési állomások hálózatával. Az 1b. ábra ugyanezen terület szabályos hálózatban, 500 m mintavételi távolsággal telepített mérések adataiból szerkesztett anomáliaképét mutatja.

A mérési állomások helyét a négyzethálózatos elrendezésben feltüntetett pontok jelzik. A két anomáliakép között az eltérés szembetűnő. Az eltérést számszerűsíthetjük, ha a két térkép azonos pontjaiban a téradatok különbségét képezzük. Az így nyert különbségeket izovonalakkal megjelenítve kapjuk az 1c. ábrán látható különbségtérképet. A különbségeket a mérési rádspontokban számítottuk. Az eltérés, amint az a térképről leolvasható, $-0,4$ és $+0,5$ mgal között vesz fel értékeket. Az eredmény meglepő, ha meggondoljuk, hogy a szűrt reziduális anomáliák hasonló nagyságú dinamikával és domináns hullámhosszakkal jellemezhetők. Ez azt jelenti, hogy a nem megfelelő mintavételezés következtében esetenként előálló torzulások szerkezeti indikációinak megfelelő szűrt jeleket hoznak létre vagy tüntethetnek el.

A különbségtérképen nullkörökkel feltüntetettük az átnézetes mérési állomások hálózatát is. Ha az eltérések elhelyezkedését vizsgáljuk, megállapítható, hogy az eltérések a mérési vonalak mentén viszonylag kicsiny értékűek. Az eltérések azokon a területrészekben a legnagyobbak, ahol mérési állomások nincsenek. Az 1a. és 1b. ábrákon látható Bouguer-térképek téradataiból számított reziduális anomáliaképeket a 2. ábrán láthatjuk. A 2a. ábrán az átnézetes, a 2b. ábrán a részletes mérések adataiból előállított reziduális anomáliakép látható. A reziduális térképek adataiból számított különbségtérképet a 2c. ábra mutatja, amelyen az 1c. ábrán látottakhoz hasonló jelenségeket figyelhetünk



1. ábra – puc. 1. – fig. 1.

2. ábra – puc. 2. – fig. 2.

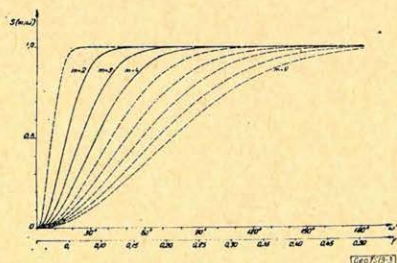
meg. A fentiekkel azt kívántuk érzékeltetni, hogy az átnézetes mérések adataiból előállított szűrt reziduális anomáliák értelmezésénél milyen veszélyekkel kell számolni.

Visszatérve az anomáliaterék szétválasztásához, illetve azok szűréséhez, ismeretes, hogy az anomáliaterék szétválasztását az indokolja, hogy a mért anomáliaterék összetettségükből következően csak bizonyos feltételek teljesülése esetén jelentenek hasznos információt a földtani kutatás számára. Ezek a feltételek jól ismertek a szakemberek előtt.

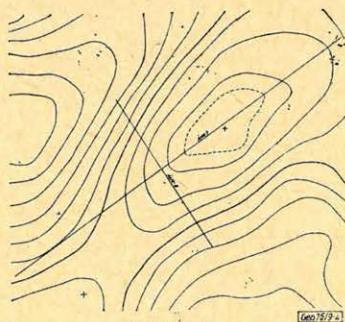
A kőolajföldtani kutatásoknál felmerülő problémákra a viszonylag nagy mélység és az összetett földtani felépítettség a jellemző. Nagyobb mélységben elhelyezkedő, viszonylag kicsiny méretekkel, és éppen a nagy mélység következtében lecsökkent sűrűségkontrasztal jellemezhető szerkezetek gravitációs hatásai a mért anomáliatérben legtöbbször erősen leárnýékolva jelentkeznek, mindössze másodlagos jelenségeket hozva létre. Az ilyen jelenségek esetében már az érdekes anomália megjelenítését is csak a mért anomáliatér szétválasztásával lehet megvalósítani. A mért anomáliaterék szétválasztásának az eddigi gyakorlatban legjobban bevált módszere az anomáliaterék frekvenciaszűrése. A szűrésnél a regionális komponens előállítására felülvágó, reziduális térképek számítására alulvágó szűrőket alkalmazunk.

Szénhidrogén-kutatásoknál elsősorban a reziduális anomáliáknak van jelentőségük. A szűréssel előállított reziduális anomáliák értelmezésének lehetőségeit és problémáit vizsgálva, utalnunk kell azokra a követelményekre, amelyek egyrészt a mintavételezéssel, másrészt az alkalmazott szűrők tervezésével kapcsolatosak. Az általunk alkalmazott szűrők tervezésének szempontjai ismertek, mivel ezek több előadásban is ismertetésre kerültek. Ezek közül hangsúlyozni kell a torzításmentes átvitelt, valamint azt, hogy az átvitel az áteresztett sávban egységnyi, vagyis hiányzik az ún. túllövés jelensége. Ez látható a 3. ábrán is, amely az alulvágó szűrők átviteli függvényeit mutatja be. Torzításmentes átvitel alatt irányfüggetlenséget és zérus fázistolást értünk. Az irányfüggetlen átvitel kizárja, hogy a szűréssel fiktív szerkezeti irányok jöjjenek létre, így a reziduális térképeken kialakuló irányokat tényleges szerkezeti irányoknak fogadhatjuk el. Annak bizonyítására, hogy irányfüggetlen szűréssel kapott reziduális anomáliákban milyen jól tükröződnek a tényleges szerkezeti irányok, számos példát tudunk felsorolni.

A következő, 4. ábrán Ásotthalom térségében egy átnézetes Bouguer-térképrészlet szűrésével kapott reziduális anomália látható két szeizmikus

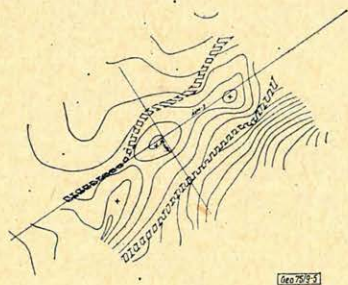


3. ábra — puc. 3. — fig. 3.

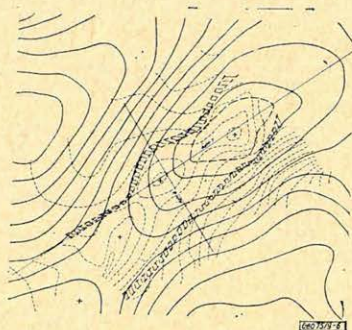


4. ábra — puc. 4. — fig. 4.

szelvény nyomvonalával. A szűrés paramétere: $s = 1 \text{ km}$ és $m = 4$ (s : a digitális mintavételi távolsága, m : a levágás helyét befolyásoló paraméter). Ha megfigyeljük az anomália irányítottságát, és összehasonlítjuk az 5. ábrán látható, mélyfúrási adatok és szeizmikus mérési anyag felhasználásával szerkesztett paleozoós felszín izovonalas térképével, megállapíthatjuk az irányok azonosságát. Az irányok azonosságának érzékeltetésére a 6. ábra a két jelet együttesen mutatja. A vékony szaggatott vonalak a szeizmikus felület szintvonalai, a vastagabb vonalak a szűrt anomália izovonalait ábrázolják. A Bouguer-anomáliaképből semmiféle megállapítás nem tehető, hiszen a szűrt reziduális jel a mért anomáliatérben mindössze mint izovonal-kiöblösödés jelentkezik.



5. ábra — *puc. 5. — fig. 5.*



6. ábra — *puc. 6. — fig. 6.*

Gravitációs anomáliaterek eredményes szűrésének — mint minden frekvenciaszűrésnek — az a feltétele, hogy a zaj és jel spektrálisan elkülöníthető legyen. Minél inkább teljesül ez a feltétel, vagyis ha a regionális összetevőt képező alacsony frekvenciás háttérzaj minél kisebb domináns frekvenciával jellemezhető, vagy ha a hasznos jel a lehető legnagyobb frekvenciatartományban helyezkedik el, annál szorosabb korrelációt kapunk a szűrt reziduális anomália és az azt létrehozó, nagyobb sűrűségű összlet felszíne között.

A hasznos jel frekvenciatartománya az anomáliát okozó tömegettöbblet, vagy tömeghiány középnyúlásának és a kiterjedésének a függvénye. Minél mélyebben helyezkedik egy tömegettöbblet, és minél nagyobb kiterjedésű, annál nagyobb hullámhosszakot, illetve annál kisebb frekvenciákat gerjeszt.

Ha a gerjesztett frekvenciatartomány egybeesik, vagy túlságosan közel kerül az eltávolítandó regionális összetevő frekvenciasávjához, ebben az esetben értelmezhetetlen, vagy csak nagyon nehezen értelmezhető reziduálokat kapunk. A két tartomány közelkerülése abban nyilvánul meg, hogy a kapott reziduális anomália ellaposodik, alakja a mindig jelenlévő nagy frekvenciás zajok miatt jellegtelen. Ilyen esetben, ha lehetőség nyílik a nagyobb sűrűségű felszín és a reziduális anomália közötti hasonlóság vizsgálatára — például azáltal, hogy célszerűen kiválasztott szeizmikus szelvényeken kijelölt pannon fekü lefutásával összehasonlítjuk az anomália lefutását —, hasonlóságot egyáltalán nem, vagy csak nagyon rövid szakaszon tapasztalunk.

Meglehetősen gyakori jelenség főleg a Tiszántúlon, ahol nagy kiterjedésű szerkezeti elemekkel találkozunk, hogy amikor közvetlenül csak a szűrt rezidu-

duális anomália területén, vagyis viszonylag kicsiny területen vizsgáljuk a hasonlóságot, szoros korrelációt kapunk. Ha azonban az ilyen vizsgálatot a reziduális anomáliát magában foglaló, de nagyobb területre terjesztjük ki, a korreláció romlik, sőt a szűrés mechanizmusának ismeretében az sem meglepő, ha a területet növelve szorosabb korrelációt kapunk a Bouguer-téradatakkal, mint a reziduális anomáliával. Itt kellene megjegyezni, bár nem tartozik szorosan a tárgyhoz, hogy az eddigi tapasztalataink szerint jól közelítjük a valóságot, ha az első és legnagyobb sűrűségugrás-felszínt bizonyos területeken az alsópannon fekével azonosítjuk.

A regionális és a hasznos jeltartomány közelterjedése egymáshoz korrelációs problémákat okozhat viszonylag nem nagy kiterjedésű reziduális anomáliák értelmezésénél is. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy az anomália területén belül még nincs korreláció a nagyobb sűrűségű összlet felszínével. Az ilyen reziduális anomáliákat a már említett ellaposodottság, vagyis a kis értékű horizontális gradiensek és a nagy frekvenciás zajok által eltorzított jelalakról ismerhetjük fel.

Egy ilyen esetre jellemző példa a következő: a 7. ábrán, Kömpöc kutatási terület jól ismert gravitációs anomáliaképei láthatók. A felső ábrákon az átnézetes Bouguer-anomáliakép, és a belőle számított reziduális anomália, az alsó ábrákon a részletes mérések eredményei láthatók. Az átnézetes térképből 1 km digitálási mintavétellel, és a $m = 4$ paraméterű alulvágó, vagy reziduál szűrővel kapott anomáliaképet szemlélve nem szembetűnő a jelalak torzulása, bár az anomália \bar{E} -i részén a horizontális gradiensek lecsökkenését nem lehet megmagyarázni akkor, ha feltételezzük a nagyobb sűrűségű összlet és a reziduális anomália azonos lefutását. Az anomáliaképben nagy frekvenciás zajok jelenléte nem figyelhető meg. Ez – most már a részletes mérésekkel bizonyítottan – a nem megfelelő mintavételezés következménye.

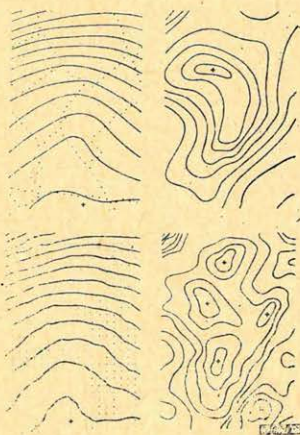
Egyrészt a terület érdekessége folytán, másrészt ismerve az átnézetes térképek hiányosságait a pozitív értelmű reziduális anomália területén, részletező graviméter-méréseket is végeztünk. A részletező mérésektől azt vártuk, hogy általuk pontosabb lesz a jelalak és a vitatható jelenségekre, mint például a horizontális gradiensek csökkenése az anomália \bar{E} -i részén, vagy a nagy frekvenciás összetevők léte, választ kapunk. A mérések elvégzése után a nagy frekvenciák megjelenésével a jelalak még bonyolultabbá vált, a gradienscsökkenés a jel \bar{E} -i részén továbbra is megmaradt.

Az új mérési adatok azonban felhívták a figyelmet arra, hogy az anomália DK -i részén nagyon határozott $\bar{E}K - DNy$ -i szerkezeti irány, az anomália $\bar{E}Ny$ -i részén meglepően nagy horizontális gradiensek alakulnak ki. A nagy horizontális gradiensek határozott megjelenése az anomália $\bar{E}Ny$ - részén arra utal, hogy az anomáliát létrehozó nagyobb sűrűségű összlet legmagasabb szerkezeti helyzetben levő pontja az anomália $\bar{E}Ny$ -i részén helyezkedik el. Így az anomália, és a nagyobb sűrűségű összlet felszíne között szoros korrelációra nem számíthatunk. Ezt a feltételezésünket az időközben elvégzett szeizmikus mérések eredményei is igazolták. A felmerült problémát, vagyis azt, hogy nincs jó korreláció a nagyobb sűrűségű összlet felszíne és a reziduális anomália lefutása között, csak úgy magyarázhatjuk, hogy nagyfokú spektrális átfedést tételezünk fel. Ekkor ugyanis, a szűrés sajnos a hasznos komponenseket is kivágja, illetve erősen lecsökkenti.

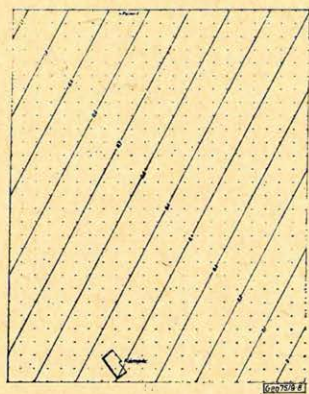
Ha ez így van, akkor a szűrés által eltávolított hasznos összetevőt valamilyen módon pótolva olyan anomáliakép állítható elő, amely bizonyos kor-

látokat figyelembe véve, azonos lefutású lesz a nagy sűrűségű összlet felszínével.

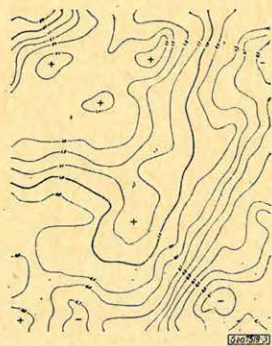
Az anomália DK-i oldalán nagyon határozott iránnyal jelentkező térváltozás jelenléte, valamint az erre merőleges irányokban, az anomália két ellentétes oldalán, nagyon eltérő horizontális gradiensek jelensége lehetőséget kínált egy kísérletre.



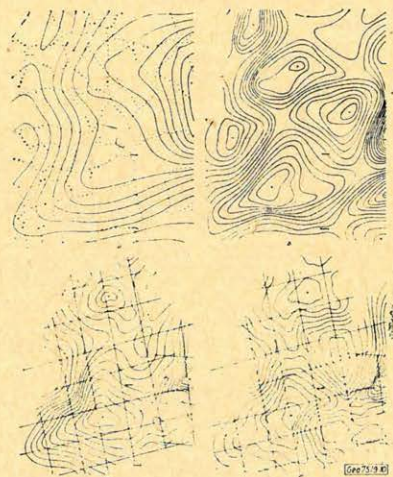
7. ábra — puc. 7. — fig. 7.



8. ábra — puc. á. — fig. 8.



9. ábra — puc. 9. — fig. 9.



10. ábra — puc. 10. — fig. 10.

Ezek figyelembevételével ugyanis meghatározhattunk egy olyan „c” horizontális gradiensű segédteret, amelynek irányítottága a szerkezeti iránynak megfelelt, és amelynek értékeit a mérési pontokban hozzáadva a reziduális téradatokhoz olyan eredmény-anomáliát kaptunk, amelyben a tényleges szerkezeti viszonyok jól tükröződnek, illetve amely már nagyon szoros korrelációt mutat a nagyobb sűrűségű összlet felszínével.

A számított segédterét és az eredmény-anomália a következő 8. és 9. ábrákon látható. A segédterét horizontális gradiense $0,075 \text{ mgal/km}$, amit abból a feltételből számítottunk ki, hogy az anomália két ellentétes oldalán a gradiensek azonossága teljesüljön.

A továbbiakban olyan területre adunk példát, ahol a jel és az alacsony frekvenciás zajtartomány szerencsésen elkülönül, s így a szűréssel olyan reziduális anomáliákat sikerült előállítani, ahol a szűrt jelek területén a korreláció a hiányos mintavételezés adta korlátokon belül nagyon jó. A következő, 10. ábrán láthatók a Komádi – Mezösas kutatási területen 1972. évben elvégzett gravitációs szűrések, és a későbbi reflexiós szeizmikus mérések eredményei. A 10c. ábrán a kutatási terület átnézetes Bouguer-anomáliaképe látható a mérési állomások hálózatával. A mérési állomáshálózat meglehetősen ritka. Viszonylag nagy területrészek láthatók a térképen, ahol mérés nem történt. A szűrés különböző vágású szűrőkkel végeztük el. Ezek eredményei közül a $m = 4$ levágási paraméterrel kapott reziduális anomáliaképet a 10b. ábra mutatja. A 10e. és 10d. ábrákon szeizmikus mérések adataiból előállított, alsópannon fekvő, illetve a kristályos alaphegység szintvonalas térképe látható. A szűrt reziduális anomáliakép és a szeizmikus felületek között a korreláció meglehetősen jó. Feltételezhető azonban, hogy részletes graviméter-mérési anyagok birtokában, azok felhasználásával a reziduális szűrés eredményeképpen felbontottabb anomáliaképet állíthatnánk elő.

Úgy gondoljuk, hogy az ismertetett példák is bizonyítják a gravitációs adatok szűrésének hasznosságát mind a további geofizikai mérések tervezésénél, mind pedig a vizsgált területek földtani felépítésének vizsgálatánál. Részletes analízisre azonban csak a nagy pontosságú részletes mérések alkalmasak, és ezek adnak lehetőséget a gravitációs és szeizmikus eredmények integrált értelmezéséhez.

IRODALOM

- Kovács Ferenc*: Graviméter állomások telepítésével kapcsolatos vizsgálatok a mintavétel-elmélet alapján. Magyar Geofizika XI. évf. 1–2. sz.
- Kovács Ferenc – Meskő Attila*: Kétváltozós digitális szűrés gyakorlati alkalmazása Bouguer anomália-térképek átalakításához. Magyar Geofizika XII. évf. 1. sz.

Lapszemle

Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz, 1974. Különszám: A Kőolaj- és Földgázbányászat műszaki fejlődése 1973. 1–160 old. Bibliográfiai tanulmány. Szerkesztették: Allquander Ödön, Arnold Werner, Gyulay Zoltán; egyes fejezeteket összeállítottak: Jesch Aladár és Szilas A. Pál. Az egyidejűleg Freibergben megjelenő német nyelvű kiadás szerzői: W. Reichel, F. Voigt.

Ez a tájékoztató immár a hatodik a sorozatban. Ezzel együtt a csaknem 700 oldal összterjedelmű hat füzet a világon – Keleten és Nyugaton – az 1967-től 1973-ig terjedő hét év alatt megjelent olajbányászati szakirodalmi termésből kiválasztott mintegy 8500 tanulmány sűrített anyagát adja szakterületek szerint rendszerbe foglalva.

A füzet 7 fejezetre oszlik, névmutatóval, tárgymutatóval, helynévmutatóval és részletes tartalomjegyzékkel kiegészítve. Az egyes fejezetek után bőséges irodalom-felsorolást találunk. A 3. fejezet a mélyfúrás geofizikáról számol be Jesch Aladár összeállításában. Terjedelme: 53–71 old., az irodalmi utalások száma 183.

A szerkesztők az előszóban jogosan szögezik le, hogy a kiadvány által adott információanyag frissége és lehető teljessége semmi kívánni valót nem hagy hátra. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy az összeállításnál az egyes szervezetek és intézmények által nyilvánosságra hozott preprint anyagot is alapul vették. Így ez az immár hagyományos „Különszám” minden bizonnyal hasznos segítség a folyamatos továbbképzésnél minden szakmabeli számára.

T. G.