

2.3.1 Neutronfizikai paraméterek meghatározása*

Az 1984. év módszer- és műszerfejlesztési eredményei lehetővé tették az ismert kőzetfizikai paraméterek (pl. sűrűség, neutron porozitás) pontosabb meghatározását, illetve a képződmények megbízhatóbb értelmezését elősegítő újabb paraméterek meghatározására szolgáló módszerek kidolgozását (pl. fékezési úthossz, abszorpciós hatáskeresztmetszet).

A gamma-gamma és neutron-neutron szelvényezési eljárásokból kiszámítható sűrűség és neutronfizikai paraméterek meghatározásának menetét a 64. ábrán látható blokk-sémával ismertetjük. Alapadat táblázatok segítségével számítjuk az elméleti kőzetmodell összetevő főkomponensek megfelelő paramétereit. Egy vizsgált képződmény elméleti modelljének felállításához ismertnek kell tekinteni annak összetevőit. A gyakorlatban előforduló kőzetek igen bonyolult összetételűek, a számításainknál viszont a kőzetet ismert összetételű 2, 3 esetleg 4 főkomponensből felépítettnek tekintjük. Ismertnek tekintjük a képződményt felépítő főkomponensek relatív térfogatát, vagy súlyszázalékos összetételét. Ily módon az említett paraméterek meghatározására alkalmas általános összefüggéshez jutunk:

$$X_l = V_1 X_1 + V_2 X_2 + \dots + V_k X_k,$$

ahol:

X_l — a vizsgált elméleti modellre jellemző paraméter (pl. sűrűség, abszorpciós hatáskeresztmetszet),

X_1, X_2, \dots, X_k — a képződményt összetevő főkomponensekre elméleti úton kiszámított paraméterek,

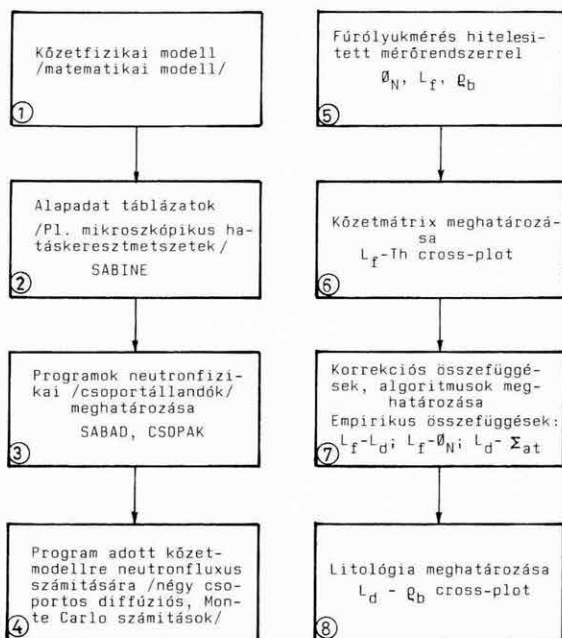
V_1, V_2, \dots, V_k — a képződményt összetevő főkomponensek relatív térfogata,

k — a képződményt összetevő főkomponensek száma.

A sűrűség (elektronsűrűség), neutronfizikai paramétereket alapadat táblázatok tartalmazzák. Például a neutronfizikai paraméterek számításához szükséges különböző típusú elemek mikroszkopikus neutron hatáskeresztmetszet értékeit az EURATOM keretében kidolgozott SABINE diffúziós program 1974-ben

* *Andrássy L., Baráth I., Kovács N.*

publikált adattára tartalmazza. A neutronfizikai paraméterek (csoportállandók) fenti adatokból történő előállítását az említett program két szegmense, a SABAD és a CSOPAK rutin végzi.



64. ábra. A neutronfizikai paraméterek meghatározásának általános sémája

L_f — fékezési úthossz; L_d — diffúziós úthossz; ρ_b — sűrűség; Φ_N — neutron porozitás; Σ_{at} — abszorpciós hatáskeresztmetszet

Fig. 64. Flow chart of the determination of neutron-physical parameters

1 — petrophysical model (mathematical model); 2 — basic data tables (e.g. microscopic cross sections): SABINE; 3 — neutron-physical definition of programs: SABAD, CSOPAK; 4 — program for calculation of neutron flux in given rock model (four-group diffusion, Monte Carlo calculations); 5 — logging by calibrated measuring system: Φ_N , L_f , ρ_b ; 6 — determination of rock matrix: L_f -Th crossplot; 7 — determination of correction relations, algorithms, empirical relationship: L_f - L_d ; L_f - Φ_N ; L_d - Σ_{at} ; 8 — determination of lithology: L_d - ρ_b crossplot; where L_f =slowing-down length, L_d =diffusion length, ρ_b =density, Φ_N =neutron porosity, Σ_{at} =absorption cross section

Рис. 64. Общая схема определения нейтронно-физических параметров

1 — петрофизическая модель (математическая модель); 2 — таблица базовых данных (напр., микроскопических эффективных сечений); SABINE; 3 — программы определения нейтронно-физических групповых констант (SABAD, CSOPAK); 4 — программа расчета нейтронного потока (четыре групповые расчеты диффузии, расчеты Монте Карло); 5 — измерения в скважине с калиброванной измерительной системой Φ_N , L_f , ρ_b ; 6 — определения скелета пород, диаграмма L_f - T_h ; 7 — определение коррекционных зависимостей, алгоритма, эмпирической зависимости: L_f - L_d ; L_f - Φ_N ; L_d - Σ_{at} ; где L_f =длина замедления, L_d =длина диффузии, ρ_b =плотность, Φ_N =нейтронная пористость, Σ_{at} =сечение поглощения; 8 — определение литологии, диаграмма L_d - ρ_b

A II. táblázatban példaként közöljük a mészkő és a homokkő elméleti modellekre kiszámított neutron porozitás-, L_f fékezési úthossz-, L_d diffúziós úthossz- és L_m migrációs úthossz értékeket. A kiszámított paraméterek ismeretében a vizsgált elméleti modellekre (négycsoportos diffúziós elméleti számítások, Monte Carlo számítások) kiszámítható az elméleti fluxus eloszlás, vagy a visszaszórt gammasugárzás spektrális eloszlása a megfelelő szondaparaméterek figyelembevételével.

Φ_N %	mészkő известняк			homokkő sandstone песчаник		
	L_f cm	L_d cm	L_m cm	L_f cm	L_d cm	L_m cm
0	25,23	12,46	28,22	30,43	18,16	35,44
1	22,32	11,99	25,33	25,37	17,16	30,63
2	20,34	11,56	23,39	22,55	16,26	27,81
3	19,91	11,16	21,96	20,61	15,47	25,77
5	16,89	10,45	19,86	18,05	14,09	22,90
10	14,14	9,03	16,78	14,81	11,54	18,77
20	11,64	7,15	13,66	11,98	8,50	14,69
30	10,35	5,93	11,93	10,54	6,73	12,51
40	9,54	5,08	10,80	9,65	5,57	11,15
100	7,75	2,75	8,22	7,75	2,75	8,22

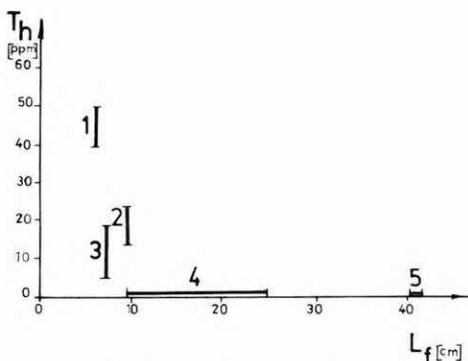
II. táblázat. Mészkő és homokkő elméleti modellekre számított neutronfizikai paraméterek

Table II. Neutron-physical parameters computed for theoretical models of limestone and sandstone

Таблица II. Нейтронно-физические параметры, вычисленные для теоретических моделей известняка и песчаника

Az ELGI-ben megépített Mélyfúrásgeofizikai Metrologiai Rendszer lehetőséget biztosít arra, hogy idealizált fúróluk feltételek mellett (állandó hőmérséklet, állandó nyomás, állandó vízteleltettség stb.) bármilyen típusú gamma-gamma és neutron-neutron szonda hitelesítése elvégezhető legyen. A hitelesítő mérések eredményeiből levezethetők azok a matematikai összefüggések, amelyek kapcsolatot biztosítanak a képződményeket jellemző paraméter, a mért beütésszám és a fúróluk paraméterek között.

A sűrűség és a neutronfizikai paraméterek pontos meghatározásához szükséges a kőzetmátrix ismerete. A spektrális természetes-gamma szelvényből meghatározható Th-tartalom és a neutron-neutron szelvényekből meghatározható L_f fékezési úthossz lehetővé teszi egy L_f -Th eloszlási diagram megszerkesztését, amely segítségével a kőzetmátrix meghatározható. A 65. ábrán elméleti



65. ábra. L_f -Th eloszlási diagram a kőzetmátrix meghatározására

1 — bauxit; 2 — montmorillonit; 3 — kaolinit; 4 — mészkő; 5 — pirit

Fig. 65. L_f -Th crossplot to determine rock matrix

1 — bauxite; 2 — montmorillonite; 3 — kaolinite; 4 — limestone; 5 — pyrite

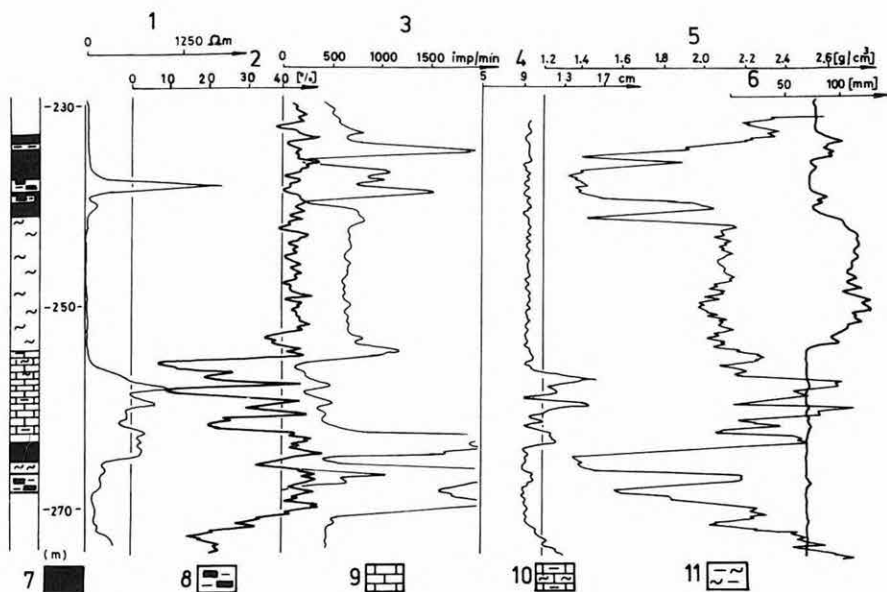
Рис. 65. Диаграмма распределения L_f - T_h для определения скелета породы

1 — боксит; 2 — монтмориллонит; 3 — каолинит; 4 — известняк; 5 — пирит

modellre végzett számítások alapján megszerkesztett L_f -Th eloszlási diagram látható.

A gamma-gamma és neutron szelvényekből meghatározható sűrűség és neutronfizikai paraméterek meghatározását gyakorlati példán keresztül mutatjuk be. „N” fúrásban végzett különböző típusú mérések szelvényanyaga a 66. ábrán látható. A szelvényanyag tartalmazza a folyamatos L_f fékezési úthossz szelvényt is. A szelvényanyag alapján szénre, agyagos szénre, mészkőre és agyagos mészkőre számítottuk ki a térfogatsúly, neutron porozitás és neutronfizikai (L_f fékezési úthossz, L_d diffúziós úthossz, Σ_{at} abszorpciós hatáskeresztmetszet) paramétereket. Számítási eredményeinket a III. táblázat tartalmazza. A táblázatban látható ρ_b sűrűség, Φ_N neutron porozitás és L_f fékezési úthossz értékeket a KFU-4-12 P univerzális felszíni egység segítségével folyamatos szelvényekből határoztuk meg. A sűrűség és neutron porozitás értékek átmérővel és az iszaplepeny hatásával korrigáltak.

A táblázatban feltüntetett képződményeket három főkomponensből felépítettnek tekintettük és meghatároztuk a 67. ábrán látható L_d - ρ_b eloszlási diagram segítségével a vizsgált képződményeket összetevő főkomponensek relatív térfogatát (a táblázatban a kiszámított értékeket a c mátrix), n (összvíztartalom) és h (szennyeződés) jelű oszlopok tartalmazzák.



66. ábra. Egy nagygyeházi fúrás szelvényanyaga

1 — ellenállás; 2 — neutron porozitás; 3 — természetes gamma; 4 — L_f fékezési úthossz; 5 — ρ_b sűrűség; 6 — lyukbőség; 7 — szén; 8 — agyagos szén; 9 — mészkő; 10 — agyagos-márgás mészkő; 11 — agyagmárga

Fig. 66. Logs of a Nagygyeháza borehole

1 — resistivity; 2 — neutron porosity; 3 — gamma-ray; 4 — L_f slowing-down length; 5 — density; 6 — diameter of borehole; 7 — coal; 8 — clayey coal; 9 — limestone; 10 — limestone with clay and marl; 11 — marly clay

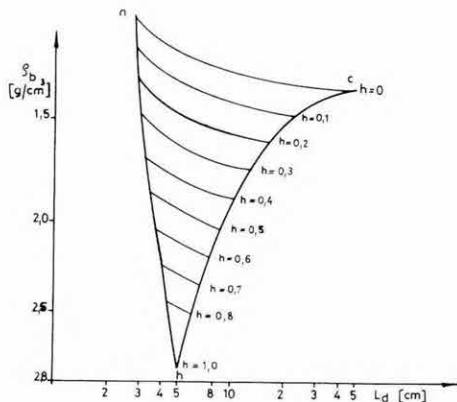
Рис. 66. Каротажные диаграммы одной из скважин на метасорождении Надьэдьхаза

1 — сопротивление; 2 — нейтронная пористость; 3 — ГК; 4 — длина замедления L_f ; 5 — плотность; 6 — диаметр скважины; 7 — уголь; 8 — глинистый уголь; 9 — известняк; 10 — глинисто-мергелистый известняк; 11 — глинистый мергель

67. ábra. L_d - ρ_d eloszlási diagram, kőszéntelepek fő komponenseinek meghatározására

Fig. 67. L_d - ρ_d crossplot to determine the main components of coal seams

Рис. 67. Диаграмма распределения L_d - ρ_d для определения основных компонент угольных пластов



No		ρ_b g/cm ³	Φ_N %	L_f cm	L_a cm	Σ at cm ⁻¹	c %	n %	h %
1.	Agyagos szén	1,60	40,0	9,0	6,39	0,007 763	0,5147	0,2440	0,2413
2.	Agyagos szén	1,84	47,0	9,2	6,64	0,007 427	0,4622	0,1480	0,3898
3.	Szén	1,35	45,0	9,6	7,37	0,006 578	0,6425	0,2855	0,0719
4.	Mészkö	2,48	20,0	12,2	7,65	0,008 392	0,8462	0,1531	0,0000
5.	Agyagos mészkő	2,10	44,5	9,0	4,41	0,012 818	0,2577	0,3489	0,3933
6.	Mészkö	2,72	7,5	15,8	10,00	0,007 230	0,9829	0,0470	0,0000
7.	Agyagos mészkő	2,15	44,5	9,2	4,65	0,012 280	0,3303	0,3230	0,2467
8.	Mészkö	2,45	25,1	11,4	6,96	0,008 947	0,7577	0,1671	0,0751
9.	Mészkö	2,67	7,0	16,2	10,20	0,007 159	0,9228	0,0438	0,0334
10.	Agyagos mészkő	2,08	42,5	9,0	4,41	0,012 818	0,2803	0,3624	0,3573

III. táblázat. Karotázs szelvényanyagból számított kőzetfizikai, neutronfizikai és litológiai adatok

Table III. Petrophysical, neutron-physical and lithological parameters calculated from well logs

1 — clayey coal; 2 — clayey coal; 3 — coal; 4 — limestone; 5 — clayey limestone; 6 — limestone; 7 — clayey limestone; 8 — limestone; 9 — limestone; 10 — clayey limestone

Таблица III. Петрофизические, нейтронно-физические и литологические данные, вычисленные по каротажным диаграммам

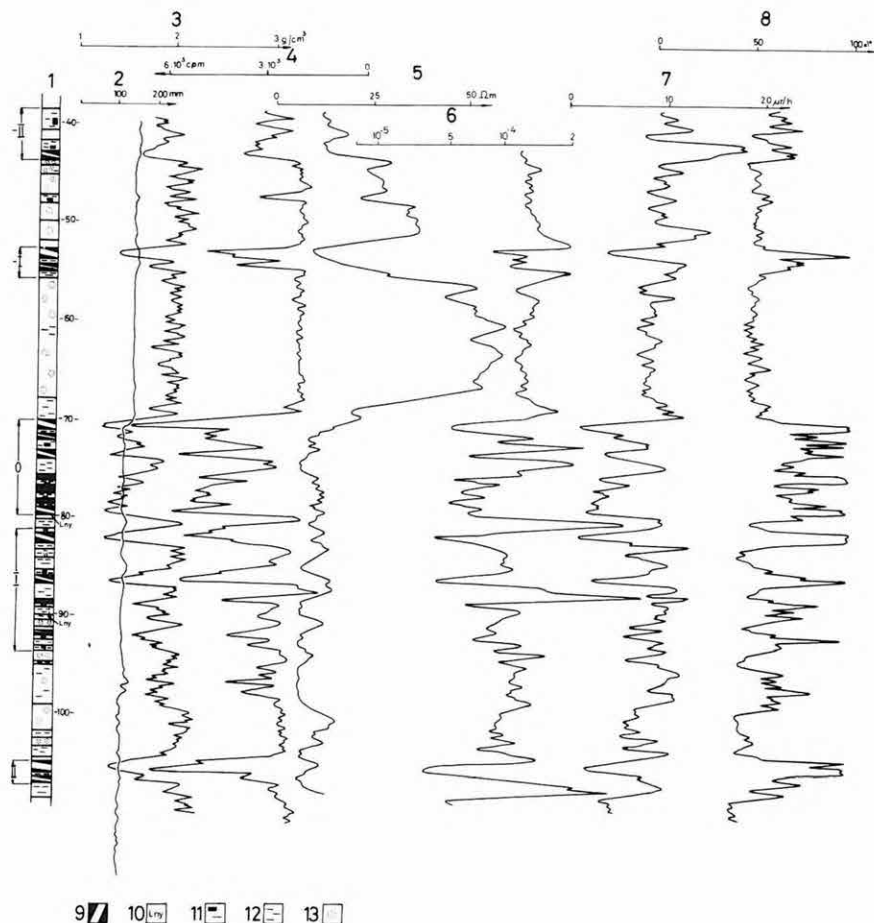
1 — глинистый уголь; 2 — глинистый уголь; 3 — уголь; 4 — известняк; 5 — глинистый известняк; 6 — известняк; 7 — глинистый известняк; 8 — известняк; 9 — известняк; 10 — глинистый известняк

2.3.2 Mágneses szuszeptibilitás mérések a kőszénkutatásban*

Az 1982-es Évi Jelentésben utaltunk rá, hogy az ELGI-ben 1979 óta folynak fúrólukbeli mágneses szuszeptibilitás (κ) mérések. Akkor egy minden hazai mérési területre kiterjedő összkép vázolása volt a célunk. A különböző kőzetekben mért értékek összefoglalását az 1982-es Évi Jelentésben, kvalitatív gyakorlati ábra formájában közöltük (147. old.). A további feladat az volt, hogy az egyes kőzetek jellemző értékeinek ismeretében értelmezést dolgozzunk ki. Azt vizsgáltuk, hogy érdemes-e a magnetit tartalmat számítani, vagy az öskörnyezettel (geokémiai környezettel) hozzuk kapcsolatba a mérés eredményét.

Az elmúlt évben a legtöbb karotázs mérés a Mátraalján található lignitterületen történt. Itt 14 fúrásban mértünk szelvényt. A visontai területen a szenes összlet meddő része lényegében egy deltaképződmény víz alatt képződött része. Az egész összlet egy paralikus széntelepszorozat. A terület jellemző szelvényeként a Vécs-35 fúrás szelvényét mutatjuk be. A rétegsorban a lignitek mellett agyagok, kőzetlisztek, homokok fordulnak elő (68. ábra). A homokok átlagos mágneses szuszeptibilitás értéke $\kappa = 1,5 \times 10^{-4}$ SI egység. Az agyagok valami-

* Ifj. Zilahi-Sebess L.



68. ábra. A Véc-s-35 sz. fúrás lyukszelvényei

1 — egyeztetett geológiai-geofizikai rétegsor; 2 — lyukbősség; 3 — sűrűség; 4 — fotoelektromos gamma; 5 — ellenállás; 6 — mágneses szuszeptibilitás; 7 — természetes gamma; 8 — neutronporozitás; 9 — lignit; 10 — lignitnyom; 11 — lignitnyomos agyag; 12 — agyag; 13 — homok

Fig. 68. Logs of the Véc-s-35 borehole

1 — collated geological (geophysical) column; 2 — diameter of the borehole; 3 — density; 4 — photoelectric gamma; 5 — resistivity; 6 — magnetic susceptibility; 7 — gamma-ray; 8 — neutron porosity; 9 — lignite; 10 — lignite trace; 11 — clay with lignite traces; 12 — clay; 13 — sand

Рис. 68. Каротажные диаграммы скважины Véc-s-35

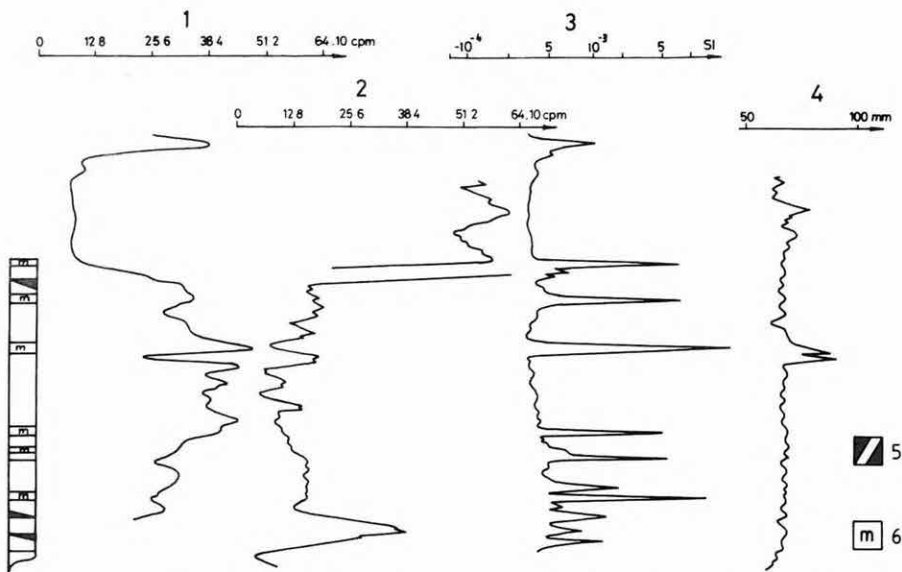
1 — сводная геолого-геофизическая колонка; 2 — диаметр скважины; 3 — плотность; 4 — фотоэлектрический ГК; 5 — сопротивление; 6 — магнитная восприимчивость; 7 — ГК; 8 — нейтронная пористость; 9 — lignit; 10 — следы лигнита; 11 — глина с следами лигнита; 12 — глина; 13 — песок

vel nagyobb $\kappa = 2 \times 10^{-4}$ SI értéket mutatnak. Általában jellemző, hogy a legnagyobb értékek agyagokhoz kapcsolódnak. Feltűnő jó korreláció van a mágnese szuszceptibilitás és a természetes-gamma szelvény között. A minimumok a lignitekhez kapcsolódnak ($\kappa = 5 \times 10^{-5}$ SI a legkisebb érték). A fedő és fekü, illetve telepen belüli szerves anyag közbetelepülések jelentkeznek a legnagyobb értékkel. Feltehető, hogy ezek a szerves, lignites agyagok analógnak vehetők a nógrádi olajjalával, ahol hasonlóak a tapasztalatok a mágnese szuszceptibilitás és a természetes-gamma szelvényel. A fúrásban a „0” telep, illetve az I. telep szinte egybefolynak, a κ mérés alapján lehet kijelölni közöttük a határt (87–88,5-ig közbetelepült agyag).

Egy másik szelvényt a komlói István aknából mutatunk be (69. ábra). A szelvényen a mágnese szuszceptibilitás maximumai a szén elmeddült szakaszaihoz kapcsolódnak. Ezekről a helyekről mintát is vettek (nem a fúrásból), amelynek a mágnesezhető része egy pirites, de főleg markazitos betelepülés, illetve ennek a fedőjében és fekjében levő palásodott szén. Ezek a szintek feltehetően szingenetikusak, mocsári képződésűek, nem utólagos elváltozást jelentenek. Ebből kiindulva lehetőség nyílik az ilyen szintek kimutatásával a telep azonosításra. Az oldalfal mintákat KT-5 típusú kézi mágnese szuszceptibilitás mérővel is megvizsgáltuk és azt tapasztaltuk, hogy a fekete palásodott szén κ értéke nagyobb, mint a markazitos részé. Az ELGI Radiológiai Osztályán végzett mintaanalízis szerint a palás szén, illetve a markazit vastartalma közel egyforma. A mágnesezhetőségbeli különbséget tehát az okozza, hogy a vas az egyik helyen FeS_2 formában van jelen, míg a másikon hematit, ill. magnetit alakult a kén tartalom elvesztésével.

A mérésekből arra következtethetünk, hogy a mágnese szuszceptibilitás értéket ugyan a mágnesezhető ásványtartalom alakítja ki, de nincs olyan egyértelmű összefüggés a közetfélésegek és a mágnese szuszceptibilitás között mint például, hogy a homok mágnesezhetősége $\kappa = 10^{-3}$ SI körüli, ami egyértelműen magasabb érték, mint az agyagoké. Ilyen összefüggések csak egy-egy területen belül léteznek. Ezek közé tartozik például a Maros hordalékkúpon tapasztalt szemcsenagyság- κ összefüggés is, ami valójában az ásványos összetétellel kapcsolatos. Hasonló megállapítás az is, hogy a Mátraaljai lignitterületen a κ szelvény, hasonlóan a természetes-gamma szelvényhez, agyagindikátornak tekinthető. Sokkal általánosabb összefüggés látszik azonban a lithofacies és a mágnesezhetőség között, hiszen a pannon képződményekre mindenhol érvényesnek bizonyult, hogy a homokok kis $\kappa = 5 \times 10^{-5} - 10^{-4}$ SI mágnesezhetőségűek, míg az agyagok $\kappa = 2 - 4 \times 10^{-4}$ SI mágnesezhetőségűek. Ennek egy kézenfekvő értelmezése az, hogy azonos paleokörnyezetet jelölnek ezek a képződmények és ezért jelentkeznek nagyon hasonlóan.

Általános jelenségnek bizonyult az is, hogy a szerves agyagok, széntelepnyomok, szénrétegek közbetelepülései mindig maximumértéket képviselnek a környezetükhöz képest. Ez a jelenség lehetővé teheti, hogy az egyes széntelepeket



69. ábra. Bányabeli fúrás lyukszelvényei a komlói István-akna VI. szintjéből
 1 — természetes gamma; 2 — neutron-neutron; 3 — szuszceptibilitás; 4 — lyukbőség;
 5 — szén; 6 — markazitos meddőbetelepülés

Fig. 69. Logs of an in-mine borehole of level VI, István Colliery, Komló
 1 — gamma-ray; 2 — neutron-neutron; 3 — susceptibility; 4 — caliper; 5 — coal; 6 — spoil laminae of marcasite

Рис. 69. Диаграммы каротажных измерений на горизонте VI в шахте Иштван, г. Комло

1 — ГК; 2 — ННК; 3 — восприимчивость; 4 — диаметр скважины; 5 — уголь; 6 — про-
 слойки марказитовых пород

azonosítani lehessen a meddő betelepüléseik alapján is. A közönséges agyagok mágnesezhetősége általában csekély ($\kappa=2 \times 10^{-4}$ SI körüli), tehát a κ értéket az agyagok esetében is inkább a paleofáciessel lehet összehozni. A paleofációs tulajdonképpen a vasoxidációs állapothányadost jelenti a szuszceptibilitás mérés szempontjából. Ez azt jelenti, hogy a mágnesezhetőséget az állóvízben lerakódott üledékeknél másodlagosan képződött ásványok hordozzák, melyek keletkezésében a redox viszonyoknak van szerepük. Ezzel szemben a folyóvízi üledékeknél a lehordási terület és a vízfolyás energiája az elsődleges. Ezt tapasztaltuk a Maros hordalékkúpon mért fúrások szelvényein. Tehát folyóvízi üledékes rétegsor értékelésénél, ha meg kell állapítani az üledék származási helyét, a κ szelvény komoly segítségünkre lehet.

A κ szelvényt üledékes összetételben hasonlóan használhatjuk, mint a természetes-gamma szelvényt, mivel mindkettőt földtani korrelációkra, karotázs sztratigráfiai vizsgálatokra, illetve agyagindikátornak lehet használni. Ezek a paraméterek közvetlenül nincsenek kapcsolatban a porozitással, permeabilitással,

vagy a sűrűséggel. Hasonlóan a természetes-gamma szelvényhez, a α szelvénynek nagy jelentősége van a földtani korrelációban és a földtani fáciesek felismerésében. Ahogy egy üledékes területen végzett spektrális gamma szelvényezésnél valójában az egyes sugárzó anyag komponensek arányából levonható kvalitatív földtani információk a fontosabbak, úgy a szuszceptibilitás mérésnél sem a magnetit tényleges mennyiségére vagyunk kíváncsiak. A kvantitatív értelmezésben, hasonlóan a természetes-gamma méréshez, közvetett a szerepe, ugyanis sok területfüggő, azaz valójában fáciesfüggő korrekció van, aminek az eldöntéséhez hasznos adatokat szolgáltat. Itt például gondolunk az effektív porozitás képletek erős függésére az agyagosság típusától, vagy a szén hamutartalom meghatározására a sűrűségből, amely szintén erősen terület-, valójában fáciesfüggő.

2.3.3 Kiértékelő programrendszer*

Szénkutató fúrások karotázs értelmező rendszere

1984-ben került sor a korábbi időszakban HP gépre kifejlesztett szenes programrendszer rutinszerű gyakorlati alkalmazására. Mint újszerű szolgáltatást a visontai kutatási területen vezettük be.

A kézi értelmezés gépi értelmezéssel történő felváltásával lehetővé vált a fizikai paraméterek mélységpontról mélységpontra történő kiszámítása és megjelenítése. Ennek érdekében HP 9825 B típusú számítógépen az alábbi fázisokra bontható feldolgozást végezzük:

- karotázs szelvények digitalizálása (csak analóg szelvényeknél),
- karotázs szelvények — lyukszalagról vagy terepi kazettáról — karotázs adattárba juttatása,
- feldolgozás,
- megjelenítés.

A földtani–ipari igényeknek megfelelően a következő dokumentációk készülnek:

1. szöveges értelmezés, amely tartalmazza a fúrólukra és mérési körülményekre vonatkozó információt;
2. számítógépes plotter rajz a mért szelvényekről;
3. számítógépes plotter rajz a gépi feldolgozás eredményeiről (litológia, porozitás, sűrűség, hamutartalom, fűtőérték, nedvességtartalom, agyagosság);

* Mészáros F., Bihari A., Lach Zs., Kovács N., Bagi R., Szalai M., Karas Gy.

4. táblázat a harántolt szételepek — beleértve a telepen belüli vékony meddőt is — jellemző fizikai paramétereinek feltüntetésével.

A fenti dokumentációt adattári elhelyezés céljából mikrofilmre is átmásoljuk.

Minicentrum

Az év folyamán megkezdtük egy COMMODORE-64 számítógépen alapuló karotázs minicentrum kiépítését is.

Az új minicentrum feladata egyrészt a kisebb mélységű fúrások karotázs mérési anyagainak interaktív feldolgozása, másrészt új eljárások kidolgozása, illetve kipróbálása. A minicentrum jelenlegi hardware egységei:

- 1 db COMMODORE-64 típ. számítógép,
- 1 db VC-1541 típusú floppy disc egység,
- 1 db SEIKOSHA gyártmányú grafikus nyomtató,
- 1 db COMMODORE kazettás magnó,
- 1 db JVC típusú TV monitor,
- 1 db ELGI gyártmányú Memodyne kazettás beadó egység.

1984-ben elkészült a „WELL” karotázs adattári rendszer. A WELL szerkezeti egy programcsomag, amely egyrészt biztosítja a karotázs mérési anyagok mágneslemezen történő tárolását, másrészt lehetővé teszi az egyes geofizikai programok számára az adatbiztosítást.

Az adattári programok gondoskodnak az adatok (fúróluk paraméterek, mért szelvények, feldolgozási eredmények) kétirányú áramlásáról a számítógép memóriája és a mágneslemez háttér memória között. Az adattári rendszer elkészülte után megkezdődött a geofizikai feldolgozó programok kidolgozása is.

Kisátmérőjű rétegdőlésmérő szonda adatfeldolgozó programrendszere

Kidolgoztuk a saját fejlesztésű, 3-karos lyukműszerünk feldolgozó programrendszerét. Alapul a korrelációs technikát választottuk a rétegek valódi dőlésszögének és dőlésirányának meghatározására. A valódi rétegdőlés számításának folyamata az alábbi négy jól elkülöníthető szakaszra bontható:

1. A dőlésmérő szonda mágnesszalagra rögzített adatainak (három mikroellenállás görbe; a mágneses tér koordinátái: h_x , h_y , h_z ; a szonda inklinációjának koordinátái: i_x , i_y ; fúrólukátmérő) számítógépbe adása.
2. A beolvasott ellenállás görbéken az azonos rétegből származó indikációk azonosítása és az összetartozó indikációk egymáshoz viszonyított mélységeltolódásának meghatározása.
3. A dőlésértékek meghatározása a számított mélységeltolódások, a lyukbőség és orientációs adatok alapján. A szonda koordináta rendszerében meghatározzuk a rétegek látszólagos települési síkjára merőleges normál-

vektort, majd ezt a normálvektort transzformáljuk a Föld fix koordináta-rendszerébe. A transzformált normálvektor értékeiből meghatározzuk a rétegek valódi dőlésszögét és dőlésirányát.

4. A számított eredmények megjelenítése táblázatosan és különféle rajzok formájában.

A terepi kísérleti mérési adatok feldolgozásával elvégeztük a programcsomag üzembehelyezését R-35-ös számítógépen.

2.3.4 Szénhidrogén tárolók értékelése a COMWELL–B. R./ELGI interpretációs rendszerrel*

Az OKGT Szolnoki Kőolajkutató Vállalattal együttműködve fejlesztjük a heterogén kifejlődésű szénhidrogéntelepek karotázs értékelésére szolgáló COMWELL–B. R./ELGI interpretációs rendszert. 1984-ben a munkák a bonyolult kifejlődésű agyagos-aleurites anizotrop homokkövekből és márgákból álló rétegsorokra irányultak.

A probléma lényege, hogy a homokkövekbe betelepülő agyag- és aleurit ásványi összetétele, valamint eloszlása bonyolult változatokat mutat a neogén homokkövekben; ehhez hozzájárul a pórusvizek alacsony iontartalma, ami jelentősen növeli az agyagásványok és az aleurit frakció hatásait a karotázs paraméterekre. Gyakori jelenség az, hogy a szénhidrogéntároló homokkövek fajlagos elektromos ellenállása (R_f) alig nagyobb a víztároló — de agyagot — aleurit nem tartalmazó — homokkövek ellenállásánál (R_0), különösen akkor, ha az agyagos-aleurites betelepülések finoman rétegzett impermeábilis csíkok — padok morfológiáját követik és így anizotrop kőzetkifejlődésekre vezetnek. Sokszor igen nehéz kimutatni ilyen esetekben a produktív szénhidrogének jelenlétét és nehéz megbízható víztelítettség (S_w) és szénhidrogéntelítettség (S_{hy}) adatokat kapni a karotázs szelvények analiziséből. A problémát tovább súlyosbítja az, hogy az agyag és aleurit jelentős térfogati aránya (V_{cl} , V_{sl}) arra vezet, hogy megnő a homokkő redukálhatatlan víztelítettsége (S_{wi}), és utóbbi mennyiség 0,4–0,6 értékei mellett is vízmentes szénhidrogéntermelés kapható a rétegekből.

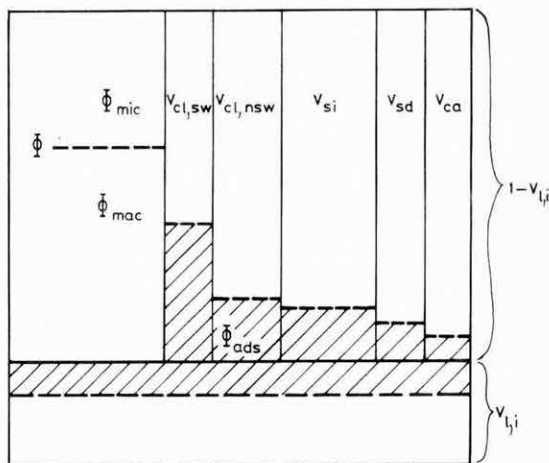
A rendszer az alábbi főbb elveket alkalmazza a probléma megoldása érdekében:

1. Az interpretációs modell figyelembe veszi a geofizikai paramétereket észrevehetően befolyásoló valamennyi kőzetkomponenst és azok geometriai eloszlásának alapvető változatait (diszperz, ill. finoman rétegzett). Ennek megfelelően a homokkő összetételének térfogati modellje a 70. ábrán látható felépítést követi.

* Barlai Z.

A modell figyelembe veszi az egyes komponensek adszorpciós víztartalmát (Φ_{ads}) is. A kőzet teljes porozitását (Φ_t) az effektív és az adszorpciós porozitás összege képezi.

2. Az interpretációs rendszer sokváltozós válaszfüggvényeket alkalmaz — a sok-komponensű kőzetösszetételnek megfelelően — a karotázs paraméterek leírására.



70. ábra. A homokkövek térfogati összetétele az interpretációs modellben

$V_{l,i}$ — finoman rétegzett impermeábilis agyagos-aleurites betelepülések; $1 - V_{l,i}$ — permeábilis betelepülések, amelyek építőelemei az alábbiak: $V_{cl,sw}$ — duzzadó agyagok, $V_{cl,nsw}$ — nem duzzadó agyagok, V_{si} — aleurit, V_{sd} — homok, V_{ca} — karbonát, Φ — effektív porozitás, Φ_{mac} — Φ makro-komponense ($3 \cdot 10^{-3}$ mm pórusátmérő felett), Φ_{mic} — Φ mikro-komponense, Φ_{ads} — adszorpciós porozitás

Fig. 70. Volume composition of the sandstone of the interpretation model

$V_{l,i}$ — impermeable shale laminae; $1 - V_{l,i}$ — permeable interbeddings, consisting of, $V_{cl,sw}$ — swelling clays, $V_{cl,nsw}$ — non-swelling clays, V_{si} — silt, V_{sd} — sand, V_{ca} — carbonate. Φ — effective porosity, Φ_{mac} — effective macro porosity (above pore diameter of $3 \cdot 10^{-3}$ mm), Φ_{mic} — effective micro porosity, Φ_{ads} — adsorption water porosity

Рис. 70. Объемный состав песчаника интерпретационной модели

$V_{l,i}$ — тонкослоистые непроницаемые глинисто-алевритовые прослойки; $1 - V_{l,i}$ — проницаемые прослойки, слагаемые следующими элементами: $V_{cl,sw}$ — вспученная глина, $V_{cl,nsw}$ — невспученная глина, V_{si} — алеврит, V_{sd} — песок, V_{ca} — карбонат. Φ — эффективная пористость; Φ_{mac} — макро-составляющая Φ (свыше диаметра поры $3 \cdot 10^{-3}$ мм), Φ_{mic} — микро-составляющая Φ , Φ_{ad} — пористость адсорбционной воды

Így például a fajlagos kőzetellenállás válaszfüggvénye:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{V_{l,i}}{R_{l,i}} + \frac{1 - V_{l,i}}{R_s},$$

ahol $R_{l,i}$ az impermeábilis csíkok–padok fajlagos ellenállása, R_s pedig a permeábilis lamellák ellenállása:

$$R_s = \frac{R_w}{\Phi^m} \frac{1 + L}{(S_w + L)^2}.$$

Itt L az úgynevezett litológiai ható, amelyik központi szerepet tölt be a COMWELL–B. R./ELGI rendszerben, mivel e mennyiség veszi figyelembe az agyagok és aleuritek hatását:

$$L = \left(\frac{V_{cl,sw}}{R_{cl,sw}} + \frac{V_{cl,ns}}{R_{cl,ns}} + \frac{V_{si}}{R_{si}} + \frac{V_{sd}}{R_{sd}} + \frac{V_{ca}}{R_{ca}} \right) \frac{R_w}{\Phi}.$$

E képletben R_w a pórusvíz fajlagos ellenállása, a többi R mennyiség pedig az indexben jelölt kőzetkomponens makrofizikai fajlagos ellenállása. Neogén homokköveinkben a relatív makroszkópos ellenállások az alábbiak:

$$\frac{R_{cl,sw}}{R_w} = 0,4; \quad \frac{R_{cl,ns}}{R_w} = 2; \quad \frac{R_{si}}{R_w} = 5; \quad \frac{R_{sd}}{R_w} = \frac{R_{ca}}{R_w} = 50.$$

Hasonlóan konstruálhatjuk meg az akusztikus kompressziós hullámok terjedési idejének válaszfüggvényét is.

3. A COMWELL–B. R./ELGI rendszer hibrid módon alkalmaz determinisztikus és statisztikus értelmezési program-modulokat az értelmezés effektivitásának növelése érdekében. Megjegyezzük, hogy a statisztikus moduloknál a bemeneti paraméterek és a matematikai kényszerfeltételek együttes számossága nagyobb a kimeneti paraméterek számosságánál; ugyanakkor a determinisztikus moduloknál e számosságok megegyeznek egymással.
4. A rendszer speciális kalibrációkat alkalmaz az interpretációs folyamatban; a kalibrációk az input paraméterek cross-plot analízisével kezdődnek és közbenső paraméterek (pl. specifikus geofizikai hatók) statisztikus optimalizálásával folytatódnak; ha lehetőség van rá, akkor fűrt magokon mért laboratóriumi jellemzők adathalmazait is bevonja egyes interpretációs mennyiségek reprezentatív értékeinek optimalizálásába.
5. A rendszer nagy figyelmet fordít a telítettség meghatározására: a víztelítettség szokásos abszolút módszerrel történő meghatározása mellett többszörös komparációs eljárást is alkalmaz, melynek keretében a vizsgált hely geofizikai paramétereit összehasonlítja olyan, ún. referenciahelyek geofizikai paramétereivel, ahol a víztelítettség — más információforrásból — viszonylag nagy pontossággal ismert.

6. A COMWELL–B. R./ELGI interpretációs rendszer az output paraméterek széles választékát határozza meg annak érdekében, hogy minél több kvantitatív információ álljon a felhasználó geológusok és mérnökök rendelkezésére a szénhidrogénkészletek becsléséhez az egyes tárolószakaszok ipari értékének minősítéséhez a rétegvizsgálati és tárolóművelési tervek készítésekor, később a mező leművelésének technológiai irányításához. Az output paraméterek között természetesen ott vannak a kőzetösszetevő komponensek térfogati frakciói és a telítettségek, emellett hidraulikai jellemzők, pl. permeabilitás, fajlagos pórusfelület és kapilláris jellemzők is szerepelnek. Például az adszorpciós vízzel töltött porozitáskomponens meghatározására használt formula:

$$\Phi_{ads} = L\Phi \frac{R_{ads}}{R_w};$$

ahol R_{ads} az adszorpciós vízburkok fajlagos elektromos ellenállása; megjegyezzük, hogy neogén homokkőrétegeinkben $R_{ads}/R_w = 1/8$ és $1/12,5$ határok között változik.

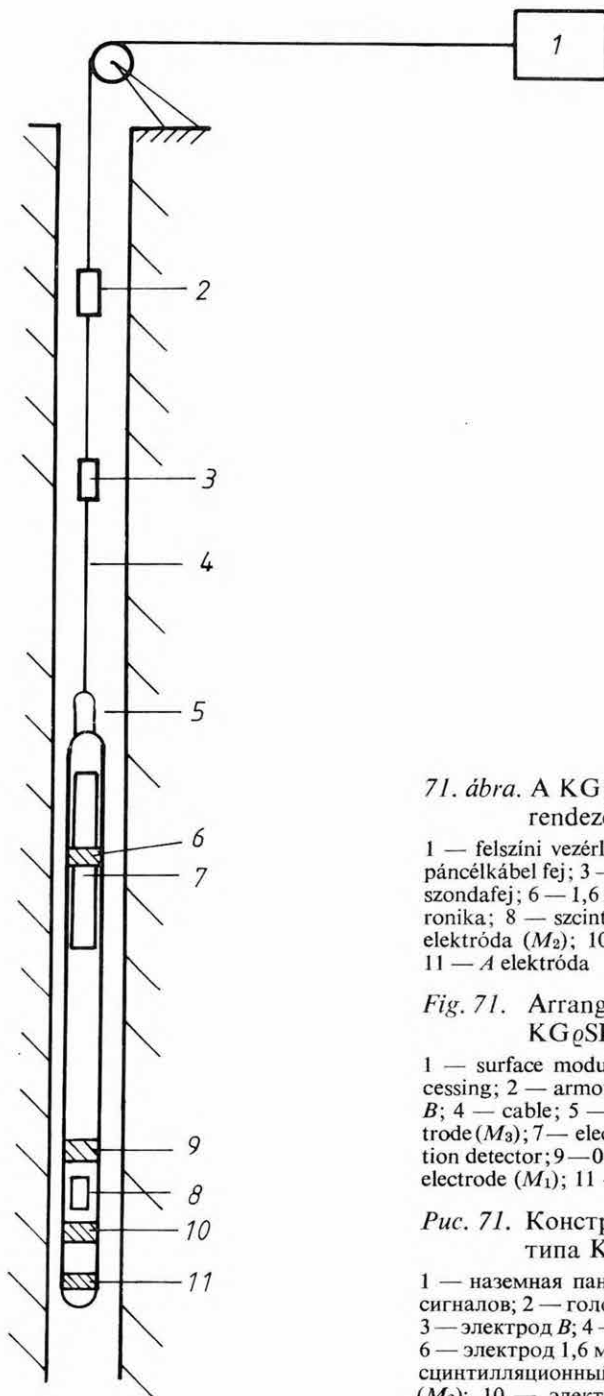
A COMWELL–B. R./ELGI interpretáció továbbfejlesztése során igyekszünk az összes jövőbeni karotázs paraméterek információit bevonni a rendszerbe és azt kiterjeszteni egyre több tárolókőzet változatra.

2.3.5 Nukleáris műszerfejlesztés*

A szilárdásvány- és vízkutatás céljára egy új szondatípust fejlesztettünk ki. A KG₀SP–3–80–43sY típusú 43 mm átmérőjű szonda I éren impulzusüzemben működik és alkalmas egyidejűleg 0,1 m + 0,4 m-es potenciál és természetes gamma, illetve átkapcsolás után 1,6 m gradiens + SP és természetes gamma szelvényezésre, egyetlen húzással három fontos karotázs alapszelvény felvételére.

A szondával végzett mérés elve a 71. ábrán látható. A szigetelő anyagból készült szondaházra az elektródák gyűrűszerűen vannak ráépítve. A szondaházban levő elektronika az ellenállás, SP, illetve természetes-gamma detektorok jeleit feldolgozza, illetve ezen adatokat három különböző amplitúdójú impulzus formájában a páncélkábel egy erén továbbítja. A természetes gamma csatorna detektorának vonatkoztatási pontját a 0,4 m-es potenciál elektróda vonatkoztatási pontjában helyeztük el, ezáltal a természetes-gamma szelvény alapján az elektromos szelvények közös mélységpontra rendezése lényegesen egyszerűsödik.

* Szentpály M. Korodi G., Nagy M.



71. ábra. A $KG_{\rho}SP-3-80-43sY$ szonda elrendezési vázlatja

1 — felszíni vezérlő és jelfeldolgozó egység; 2 — páncélkábel fej; 3 — B elektróda; 4 — kábel; 5 — szondafej; 6 — 1,6 m-es elektróda (M_3); 7 — elektronika; 8 — szcintillációs detektor; 9 — 0,4 m-es elektróda (M_2); 10 — 0,1 m-es elektróda (M_1); 11 — A elektróda

Fig. 71. Arrangement of the sonde type $KG_{\rho}SP-3-80-43sY$

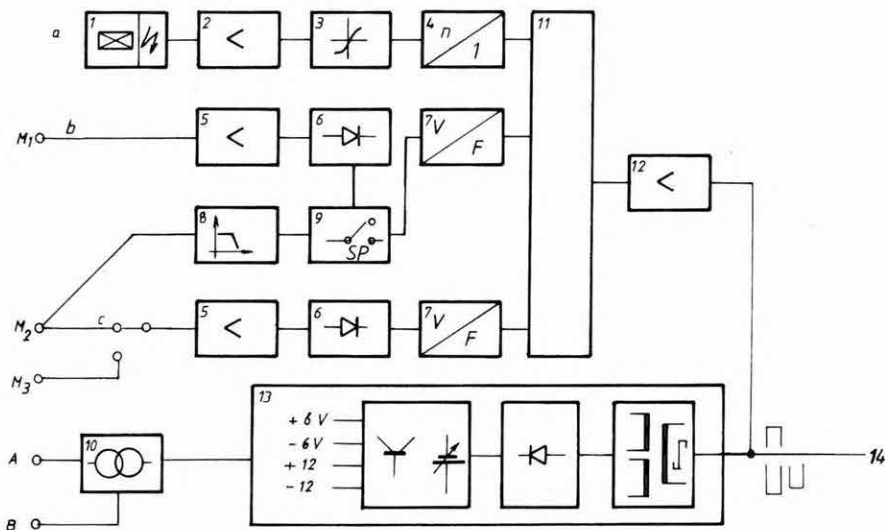
1 — surface module for control and signal processing; 2 — armoured cable head; 3 — electrode B ; 4 — cable; 5 — sonde head; 6 — 1.6 m electrode (M_3); 7 — electronic cartridge; 8 — scintillation detector; 9 — 0.4 m electrode (M_2); 10 — 0.1 m electrode (M_1); 11 — electrode A

Рис. 71. Конструкционная схема зонда типа $KG_{\rho}SP-3-80-43sY$

1 — наземная панель управления и обработки сигналов; 2 — головка бронированного кабеля; 3 — электрод B ; 4 — кабель; 5 — головка зонда; 6 — электрод 1,6 м (M_3); 7 — электроника; 8 — сцинтилляционный детектор; 9 — электрод 0,4 м (M_2); 10 — электрод 0,1 м (M_1); 11 — электрод A

A szonda elektronika blokkvázlata a 72. ábrán látható. A természetes-gamma sugárzást NaI (Tl) kristályra montírozott fotoelektron-sokszorozó érzékeli, a potenciál mérést áramgenerátor, illetve mérőerősítők végzik, ez utóbbiak jelét feszültség-frekvencia konverter dolgozza fel. A három csatorna kimenő impulzusainak felszínre juttatásáról egy kóderfokozat gondoskodik, mely léptető-regiszteres-tárolós rendszerű, így az impulzustovábbítás *koincidenciamentes*.

Az elektronikát CMOS technológiájú integrált áramkörökből és nagy stabilitású passzív elemekből építettük fel.



72. ábra. A $KG_{\varrho}SP-3-80-43sY$ szonda elektronikájának blokkvázlata

a — természetes gamma csatorna; b — 0,1 m potenciál csatorna és spontán potenciál csatorna; c — 0,4 m–1,6 m potenciál csatorna; 1 — detektor; 2 — nukleáris erősítő; 3 — komparátor; 4 — impulzusszám osztó; 5 — mérőerősítő; 6 — szinkron egyenirányító; 7 — feszültség-frekvencia konverter; 8 — szűrő; 9 — üzemmódkapcsoló; 10 — áramgenerátor; 11 — impulzuskódoló egység; 12 — végerősítő; 13 — tápegység; 14 — karotázs kábel

Fig. 72. Electronic blockdiagram of the sonde type $KG_{\varrho}SP-3-80-43sY$

a — gamma-ray channel; b — 0.1 m potential channel and SP channel; c — 0.4 m–1.6 m potential channel; 1 — detector; 2 — nuclear amplifier; 3 — comparator; 4 — pulse divider; 5 — measuring amplifier; 6 — synchronous rectifier; 7 — voltage-frequency converter; 8 — filter; 9 — mode switch; 10 — current generator; 11 — pulse encoder; 12 — final amplifier; 13 — supply unit; 14 — logging cable

Рис. 72. Электронная блок-схема зонда типа $KG_{\varrho}SP-3-80-43sY$

a — канал ГК; б — канал потенциала и СП; с — канал потенциала 0,4 м–1,6 м; 1 — детектор; 2 — ядерный усилитель; 3 — компаратор; 4 — делитель импульсов; 5 — измерительный усилитель; 6 — синхронный выпрямитель; 7 — преобразователь напряжения в частоту; 8 — фильтр; 9 — переключатель режимов работы; 10 — генератор тока; 11 — устройство для кодирования импульсов; 12 — конечный усилитель; 13 — источник питания; 14 — каротажный кабель

A szonda műszaki adatai:

Detektorok:

Természetes-gamma csatorna	NaI (TI) 24×70 mm + FEU-102 fotoelektronsokszorozó
Ellenálláscsatornák:	A szondatorzsön elhelyezett KO36-os elektrodagyűrűk

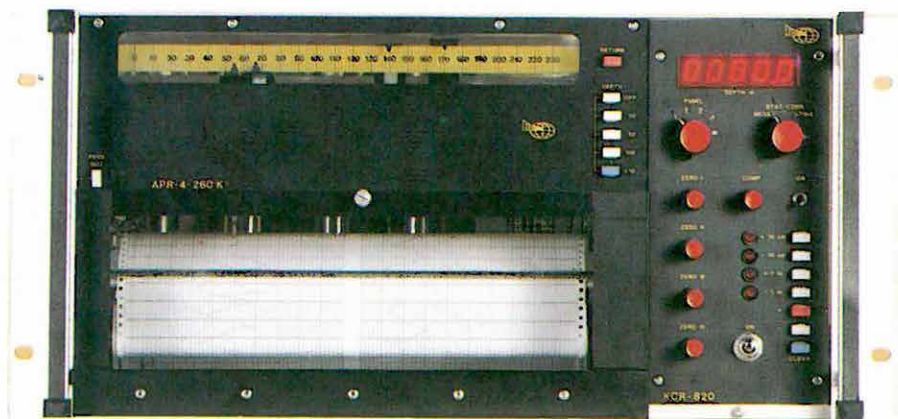
Mérési jellemzők:

Természetes-gamma csatorna	
méréshatár	0–2000 $\mu\text{R/h}$
Holtidő	2–3 μs
Ellenállás mérés határ	
0,1 m, 0,4 m potenciál	2–2000 Ωm (a felszínről átkapcsolhatóan)
1,6 m gradiens	10–10 000 Ωm
SP mérés határ	–0,5–+2 V
Tápáram	80 mA \pm 2% (a felszínen stabilizálva)
Tápfeszültség	35 V DC
Nyomásállóság	15 MPa
Méreték (szerelt műanyag szondatest)	
átmérő	43 mm
hossz	kb. 2300 mm
tömeg	kb. 15 kg
Hőállóság	0–80 °C
Alkalmazható karotázs kábel	hurokellenállása kisebb, mint 100 Ω , két ér közötti kapacitása kisebb, mint 0,75 μF

2.3.6 Expressz analízis MTA 1527–2000 ipari gyorslemező automatával*

Az elmúlt évek fejlesztési eredményei alapján kialakított MTA 1527–2000 típusú Ipari Gyorselemző Automatát alkalmassá tettük ipari célfeladatok megoldásán túl általános geofizikai expressz elemanalitikai igények kielégítésére. A kifejlesztett aktivációs analitikai egységben a SiO_2 és Al_2O_3 komponensek meghatározásán túl megoldottuk az MnO meghatározását is új típusú mérésvezérlő rendszerrel. A szilícium, alumínium és mangán, valamint a kőzetben található egyéb zavaró komponensek nukleáris paramétereit figyelembevéve a minták olyan optimális besugárzási és mérési körülmények közé kerülnek, amelyben a felsorolt komponensek keletkező radioizotópjai nagy stabilitású

* Renner J., Siklós A.



73. ábra. Az APR-4-260K regisztráló homloknézete

Fig. 73. Front view of the recorder type APR-4-260K

Рис. 73. Вид лицевой стороны регистратора APR-4-260K

GM számlálócsövekkel vizsgálhatók. A mérőrendszer megfelelő közetetalonokkal történő hitelesítése után a mágneslemezen rögzített software programokkal a fenti komponensek kvantitatív értékeit a beépített mikroszámitógép meghatározza és nyomtatott formában rögzíti.

Az MTA 1527–2000 berendezés röntgenradiometriás mérőegységében proporcionális detektorokkal energiaszelektív méréstechnikát alkalmazunk. A vizsgálni kívánt komponenseknek az energiaspektrumból történő kiválasztását differenciál szűrők, valamint elektronikus differenciál diszkriminátorok együttes alkalmazásával oldottuk meg a komponensek atomfizikai paramétereinek optimalizálásával. Ily módon a geofizikai igények figyelembevételével a Fe, Mn, Cu, Ni meghatározását oldottuk meg.

Az NAA és XRF mérési metodikát egyesítő MTA 1527–2000 berendezésben a teljes mérési folyamat (mintaváltás, mintamozgatás, mechanikus szűrők cseréje, elektronikus paraméterek megváltoztatása) automatikusan, emberi beavatkozás nélkül játszódik le. A mérési eredmények kiértékelése a berendezés adatgyűjtő csatornáival on-line üzemben működő beépített kisszámitógép segítségével történik.

A kifejlesztett berendezés UAZ gépkocsiba épített mobil változatában terepi elemanalízisre alkalmas. A gépkocsiba kerül a teljes mintaelőkészítő berendezés és az MTA 1527–2000 mérőrendszer. A gépkocsihoz csatlakoztatott speciális utánfutó hordozza az aktiváló egységet. A rendszer áramellátását hálózattól független aggregátor biztosítja. A terepi kutatás színhelyén a megérkezéstől számított 30 percen belül a terepi elemanalitikai laboratórium mérési eredményeket szolgáltat.

2.3.7 Karotázs direktíró regisztráló*

A korszerű karotázs berendezések igényeire fejlesztettük ki az APR–4–260K négycsatornás regisztrálót (73. ábra).

A regisztráló mechanikus szerkezetét a korábban kidolgozott regisztrálók tapasztalatai alapján fejlesztettük ki. A műszer kompenzográf elven működik, négy analóg mérőcsatornával és két segédcatornával rendelkezik (74. ábra). Az analóg csatornák írásszélessége max. 230 mm. A négy csatorna négy különböző színű írótolal a teljes írásszélességre kiteríthető. Az írásmezőn kívül, a jobboldali sávban két segédcatornával mélység- és időjel rögzíthető. A papírtovábbítás előre-hátra irányban lehetséges 0–5 mm/s sebességgel, a meghajtó léptetőmotor vezérlésének megfelelően. A regisztráló papírtovábbítása 1:20-tól 1:100 mélységléptékben beállítható.

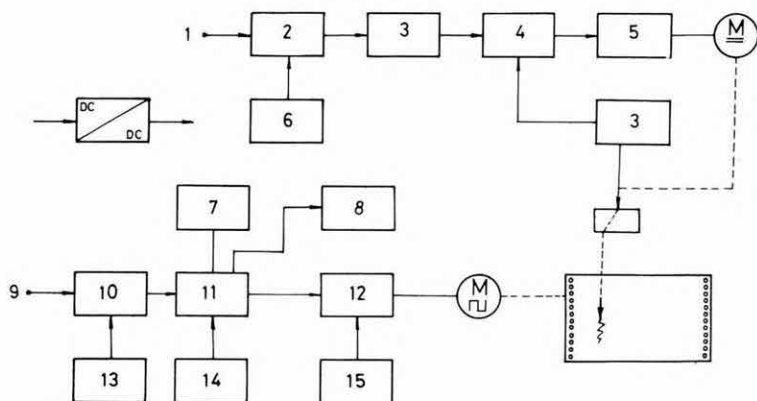
A mérőszonda helyzete egy 5 számjegyes mélységszám kijelzőn olvasható le, 10 cm-es pontossággal. A regisztráló egység szerves része a KFC–4–12 típusú

* Flessler N., Kántor J., Koronhály L.

műveleti egység, amely a méréskiválasztáson kívül tartalmaz egy félautomatikus mélységkorrekciós áramkört, kábelsebességmérő egységet, valamint egy kompenzáló áramkört. Lehetőség van a szonda kezdőmélységének beállítására, a mélységzámkielző előre-, illetve visszapörgetésével. A regisztráló időtengelyes meghajtással stacionárius mérésekre is alkalmas.

Főbb műszaki adatok :

Csatornák száma	4 + 2 segédcsatorna
Csatornák érzékenysége	100 mV/10 cm
Papírtovábbítási lépték	10:20, 1:50, 1:100 1:200, 1:500, 1:1000
Mélységmarker	kézi
Időmarker	10 s vagy 1 min
Tápfeszültség	12 V DC
Áramfelvétel	max. 5 A
Méret	19" rendszer 5E (KONTASET)



74. ábra. Az APR-4-260K direktíró regisztráló elektronikus bloksémája

1 — analóg bemenet; 2 — előerősítő; 3 — illesztő; 4 — összegző; 5 — meghajtó; 6 — kompenzáló; 7 — mélységmérő és kijelző; 8 — kábelsebesség mérő; 9 — impulzus bemenet; 10 — jelfeldolgozó; 11 — jelösszegző és átalakító; 12 — léptetőmotor meghajtó; 13 — korrekciós áramkör; 14 — oszcillátor; 15 — léptékváltó kapcsoló

Fig. 74. Electronic blockdiagram of the pen recorder type APR-4-260K

1 — analog input; 2 — preamplifier; 3 — interface; 4 — adder; 5 — driving unit; 6 — compensator; 7 — depth indicator; 8 — cable movement velocity measuring unit; 9 — pulse input; 10 — signal processor; 11 — signal adder and converter; 12 — stepping motor drive; 13 — correction circuit; 14 — oscillator; 15 — scale changing switch

Рис. 74. Электронная блок-схема самопишущего регистратора APR-4-260K

1 — аналоговый вход; 2 — предусилитель; 3 — устройство сопряжения; 4 — сумматор; 5 — привод; 6 — компенсатор; 7 — индикатор глубины; 8 — измеритель скорости движения кабеля; 9 — импульсный вход; 10 — устройство для обработки сигналов; 11 — накопитель сигналов и преобразователь; 12 — управление шаговым двигателем; 13 — схема введения поправки; 14 — осциллятор; 15 — выбор масштаба

2.3.8 Geofizikai műszerekben végzett mechanikai fejlesztések*

Szondatechnikák

A korszerű nyersanyagkutatás követelményeihez karotázs szondakonstrukciókat alakítottunk ki. A fúrólukák átmérőjének mérésére több más fizikai paraméter együttes mérésével kombinálva egy szondacsalád mechanikai rendszerét fejlesztettük ki 36, 43, 60, 76 és 86 mm átmérőben. A rendszer lényege az, hogy a szonda mérőkarjait motoros működtetésű szerkezettel szorítjuk a lyukfalhoz.

Legújabb fejlesztési eredményünk a 60 mm-es átmérőjű rétegdőlésmérő szonda, amely a karotázs méréseknél alkalmazott legbonyolultabb technológiát igénylő lyukműszer. Különös gondot fordítottunk a papucs kialakítására, amely a szonda mérési pontosságát döntően befolyásolja. Az elektródák szigetelésére olyan műanyagot fejlesztettünk ki, amely rendkívül kopásálló, nagy szilárdságú magas hőmérsékleten is. Az iszaptérben levő elektromos vezetékek csatlakozásához miniatürizált érbevezető csatlakozót fejlesztettünk ki.

* Cséri D., Kengyel M., Szalai J.