

## 2.3 MÉLYFŰRÁSI GEOFIZIKAI MÓDSZER- ÉS MŰSZERFEJLESZTÉS\*

Korlátozott módszertani lehetőségeink keretében a következő témákkal foglalkoztunk.

Észak-Magyarország 1%-nál gyengébb rézérceinek gyors elemzése végett a neutronaktiválásos analízis alkalmazásának lehetőségét megvizsgáltuk. Neutrongenerátorral (14 MeV-es neutronok) mintabesugárzást végeztünk. Óránként 6 db kőzetminta rézmeghatározása  $\pm 0,01\%$  pontossággal (egyszeres szórásnál) gazdaságosan végezhető el.

Néhány hazai vulkáni kőzettípus (riolit, andezit, bazalt, fonolit) 5 mg-jának atomreaktorral történt besugárzása és Ge/Li félvezető detektorral való energia szelektív mérése útján sikerült a főkomponenseken kívül kvalitatíve néhány nyommennyiségben jelenlevő (Sc, Eu, Hf) komponenst kimutatni.

Az MTA-1527 típ. bauxitelemző automatát továbbfejlesztve, olyan integrált áramkörös (IC) mérő- és vezérlőegységet alakítottunk ki, amely az  $Al_2O_3$  és  $SiO_2\%$  kiszámítását és a modulus kinyomtatását is elvégzi.

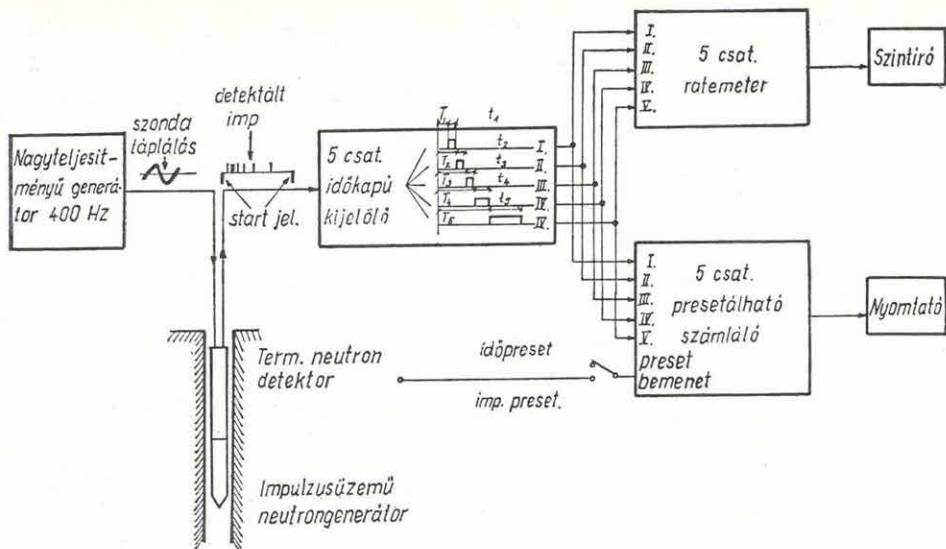
Az impulzusüzemű lyukgenerátor (IGN-4) laboratóriumi modellkísérleteinél szerzett tapasztalatokra támaszkodva készült el az időanalizátor (észlelő-vezérlő-rendszerrel) és tápgenerátor (41. ábra). Az egységek üzemszerű próbameérései kétezer, 4500 m hosszú kábelon megkezdődtek.

A térfogsúlyértékek meghatározására végzett vizsgálatoknál a KRG-2-120-60 típusú (7,23 mCi  $Cs^{137}$ ) és a KRGG-2-200-86 típusú radioaktív szondákat (55 mCi  $Cs^{136}$ ) alkalmaztuk.

A berendezések gammasugár érzékenységének meghatározására és a berendezések összehasonlító vizsgálatára elvégeztük a radioaktív berendezések  $\mu r$ /óra (dózisteljesítmény), valamint térfogsúly-hitelesítését (42. ábra).

Az iszaplepleny hatását korrekcióba vevő görbeseregek modellezése folya-

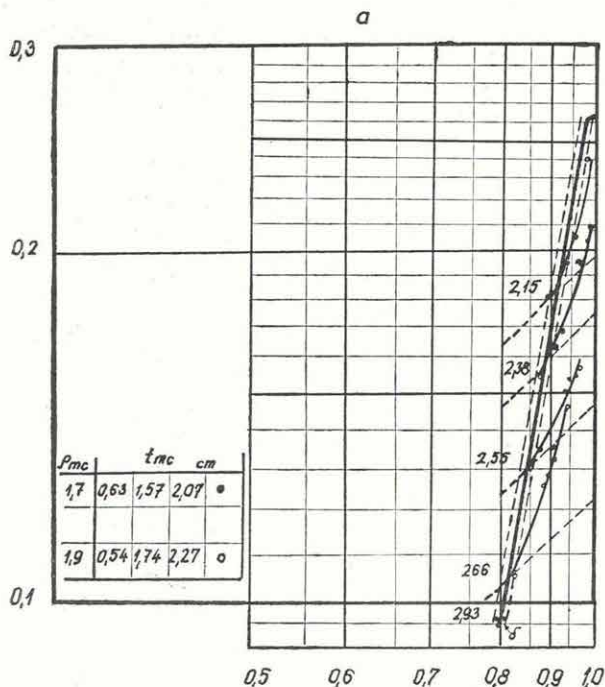
\* Andrassy L.-Barath I.-Beres Bné-Karas Gy.-Liszt F.-Márföldi G.-Mészáros F.-Morvai L.-Salamon B.-Siklós A.-Szunyogh F.-Tatár J.-Viola B.-Zilahi S. L.



41. ábra: Impulzus üzemű lyukgenerátor észlelő-vezérlő egységének elvi vázlata

Fig. 41 Block diagram of a pulse-controlled downhole generator (operation control)

Рис. 41. Схема скважинного импульсного генератора (устройство управления)



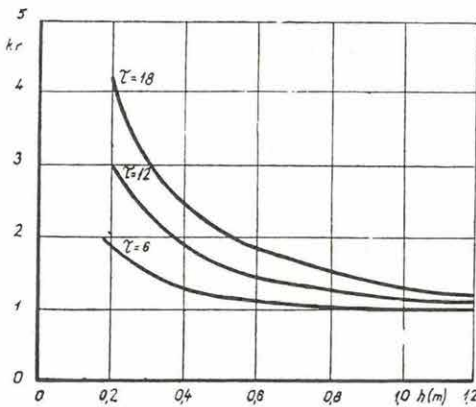
42. ábra: KRGG-2-200-86 típusú radioaktív szonda térfogatátsúly bitelesítő diagrammja, különböző vastagságú és sűrűségű iszaplepenyekre  
a) rövid szonda,  
b) hosszú szonda

Fig. 42 Radiometric probe KRGG-2-200-86 density test graph for different mud cakes  
a) short probe,  
b) long probe

Рис. 42. Диаграмма градуировки зонда РК типа КРГГ-2-200-86 для глинистой корки различной толщины и плотности  
а — короткий зонд;  
б — длинный зонд

matban van. A mérési feltételek a következők: az iszaplepleny térfogatsúlya  $\rho_{mc} = 1,7 \text{ g/cm}^3$  és  $1,9 \text{ g/cm}^3$ ; az iszaplepleny vastagsága három lépcsőben változtatható 5–23 mm-ig; a képződmény térfogatsúlya (hat különböző sűrűségértékkel)  $1-2,93 \text{ g/cm}^3$  között változik.

Vékony réteges képződményeknél ( $h < 1\text{m}$ ) a vastagság-korrektíós időállandóra ( $t = 6 \text{ sec}$ ;  $13 \text{ sec}$ ) és a vontatási sebességre ( $v = 2,5$ ;  $4$  és  $6 \text{ m/perc}$ ) görbesereget számítottunk ki (43. ábra).



43. ábra: Réteggörbesereg különböző időállandókra

Fig. 43 Correction nomogram for different time constants

Рис. 43. Номограмма поправок для различных постоянных времени

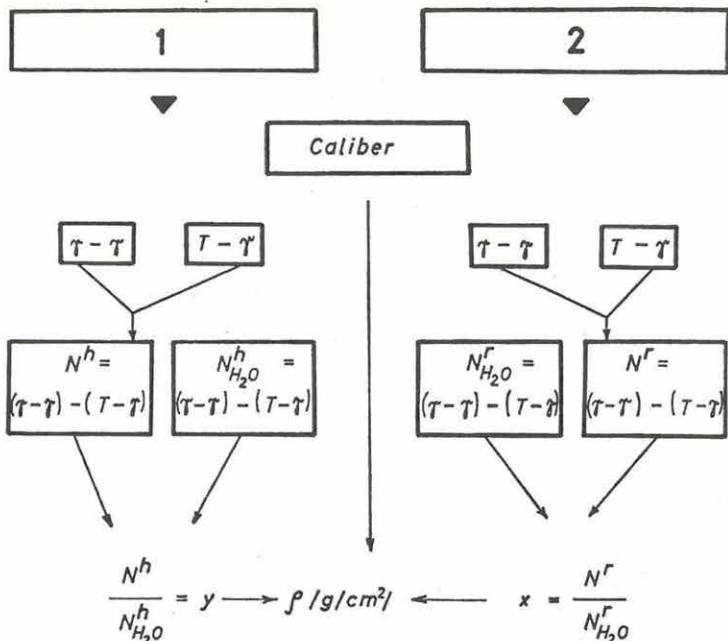
A feldolgozás mechanizmusát a 44. ábra mutatja. A megoldás eredményének számítógépes kiírása a következő paramétereket tartalmazza: mélység,  $X$ ,  $Y$ ,  $\rho \text{ (g/c}^3\text{)}$ ,  $d_h$  mért (mm),  $d_h$  mért –  $d_h$  nom (mm), átlagbehatolási mélység (cm).

Az Intézet *H modelljén* elvégzett kísérleti mérésekkel és elméleti számításokkal meghatároztuk a földtani-műszaki tényezők hatását a *neutron szelvényekre*. Vizsgálataink a képződmények porozitásának, a fúrólyukak átmérőjének, a rétegvíz és fúróiszap klórtartalmának hatására irányultak.

Az év folyamán a kettős forrás-detektor távolsággal végzett termikus neutronszelvényezési eljárás főbb mérés technikái paramétereit meghatároztuk (szondahossz: rövid 50 cm; hosszú 70 cm); valamint a neutron beütésszámarány és  $H$  porozitás hitelesítő görbét kimértük (45. ábra). A fúrólyuk átmérő hatásának korrekcióbavételét gépi számításokkal oldottuk meg.

Grafikusan meghatároztuk a különböző fúrólyukátmérekre kiszámított görbesereg (46. ábra) és a  $H$ -modellen kimért hitelesítő görbe (45. ábra) végleges kapcsolatát. Az egyeztetett görbesereg  $\Phi_n = \Phi_N \left( \frac{N_h}{N_r}; d_l \right)$  a fúrólyuk-átmérő hatását is figyelembe veszi és számításokra alkalmas.

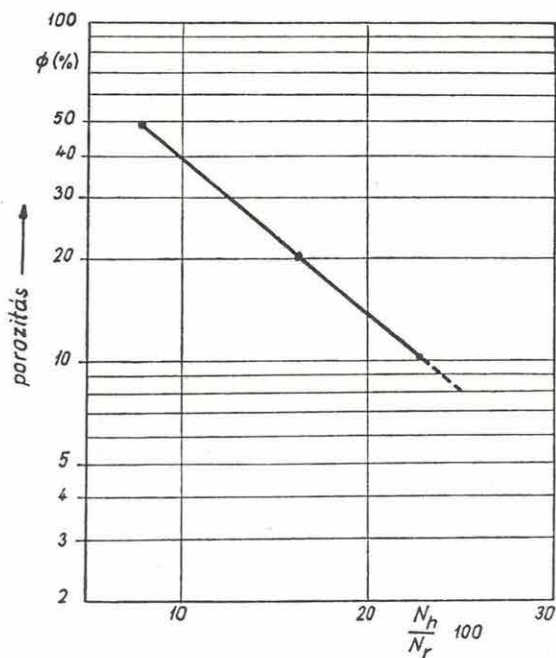
A modellvizsgálatokat a következő feltételek mellett végeztük el: a fúró-



14. ábra: A feldolgozás mechanizmusa  
1 hosszú szonda, 2 rövid szonda

Fig. 44 The processing  
1 long probe, 2 short probe

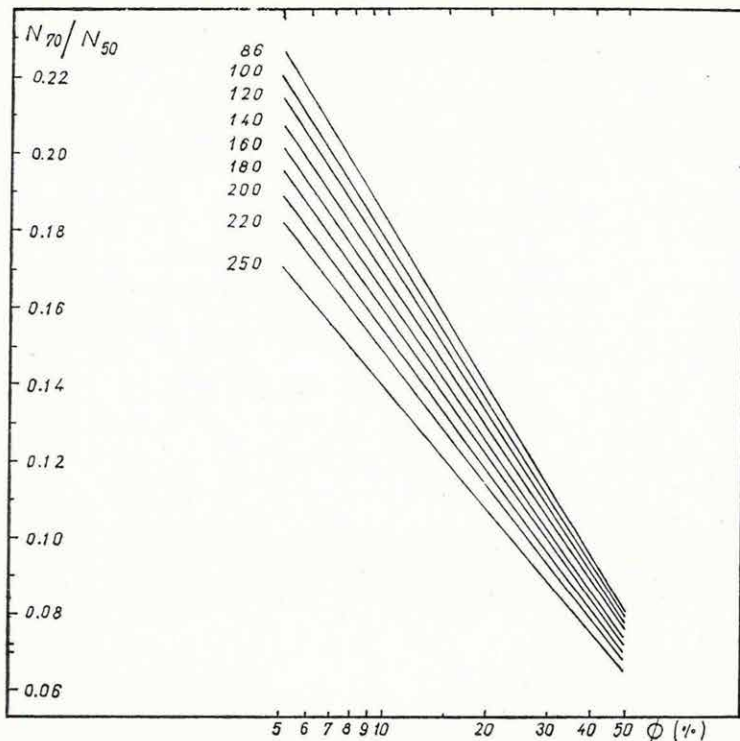
Рис. 44. Схема обработки данных  
1 — длинный зонд; 2 — короткий зонд



45. ábra: KRN-2-150-86 típusú neutron szonda britelesítő görbéje  
( $a_h = 70$  cm-es és  $a_r = 50$  cm-es szondákra)

Fig. 45 Test curve of neutron probe KRN-2-150-86  
( $a_h = 70$  cm,  $a_r = 50$  cm)

Рис. 45. Эталонная кривая для зонда НГ типа КРН-2-150-86  
( $a_h = 70$  см,  $a_r = 50$  см)



46. ábra: Beütésszamarány és porozitás közötti összefüggés különböző lyukátméroknel (gépi úton számítva)  $d = \text{fúrólukátmérő}$

Fig. 46 Pulse to porosity ratio ( $d = \text{hole diameter}$ )

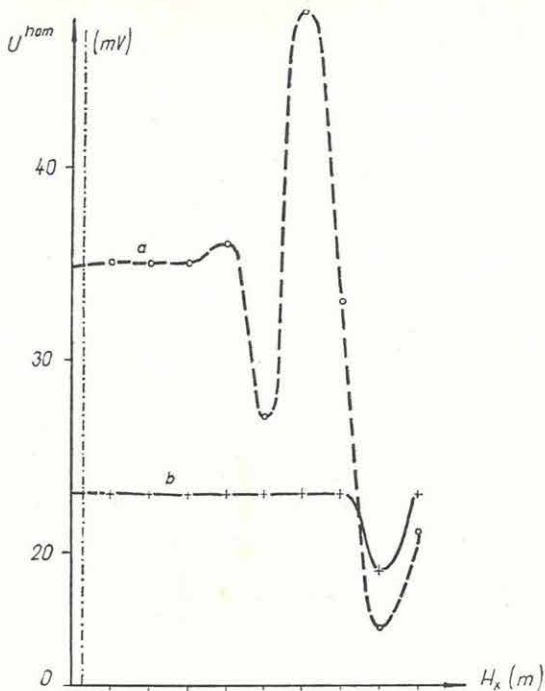
Рис. 46. Зависимость количества импульсов от пористости ( $d - \text{диаметр скважины}$ )

lyukmodell átmérője 158 mm; a méréseknél a szonda centrikus helyzetet foglal el; a rétegvíz sótartalma: édesvíz; 10 g/l; 20 g/l; 40 g/l és 60 g/l; a fúróiszap sótartalma: édesvíz; 10 g/l; 20 g/l; 40 g/l és 60 g/l.

Az Intézetben kifejlesztett 5-6 tekercses indukciós berendezéseken megkezdttük és eredményesen be is fejeztük a berendezések modellhitelesítését.

A rendszer stabilitása megbízható szondafej alkalmazásával és lokális földelésekkel jó. A hattekercses rendszer fúrólyuk-folyadék függetlensége  $R_m \geq 0,25 \Omega_m$  értéknél 158 mm-es lyukátméronél biztosított.

Az öttekercses szonda tekercsrendszer-kialakítása nem megfelelő, aszimmetrikus szondakarakterisztikát eredményez; a hattekercses elrendezés ellenben minden szempontból megfelel (47. ábra).



47. ábra: Öt- és hattekerceses indukciós szondák feszültségeloszlásának összehasonlítása homogén rétegnél  
 a) öttekerceses szonda,  
 b) hattekerceses szonda

Fig. 47 Voltage distribution of induction probes of 5 and 6 coils (homogeneous stratification) a) 5 coils, b) 6 coils

Рис. 47. Сопоставление распределения напряжения для пяти- и шестикатушечного зондов (однородное напластование) а — 5-катушечный; б — 6-катушечный зонд

A szondák hitelességét a mérés előtt és után ellenőriztük. A „teszt karikák” rétegekivalens értékeit megkeresve, az indukciós felvételek kalibrálását is megoldottuk.

Az energia hitelesítésre (és egyéb célokra) szolgáló modell-rendszer első része (U és Th) elkészült. A modell-lyuk legnagyobb átmérője 214 mm.

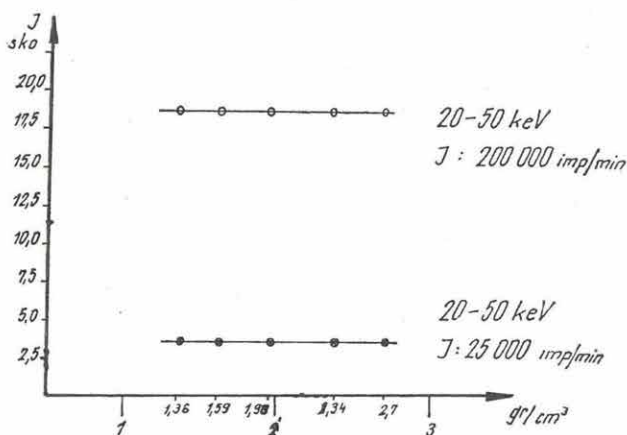
Természetes gamma szelvények feldolgozására a MINSZK-32 típusú számítógép JASZK nyelven (azonosítójuk KSZM1, illetve KSZM2) két számítógép-program készült. A simított spektrumon a programok a következő feldolgozást végzik el: megkeresik a spektrumban levő csúcsoakat, meghatározzák a csúcsok jobb- és baloldali határát, meghatározzák a csúcsok jobb- és baloldali háttér értékét, kiszámítják a csúcsokhoz tartozó teljes területet, kiszámítják a csúcsokhoz tartozó tiszta területet, kiszámítják a tiszta terület standard deviációját százalékban és impulzusszámban és energiakalibrálást végeznek (csatornaszám-energia KeV-ben).

A fúrólukban végezhető kőzetanalízis alapozó vizsgálatait megkezdtük. Az anyagmérleg egyenletekből (sűrűség, porozitás, akusztikus sebesség) álló

egyenletrendszer megoldása szükségessé teszi a mélység függvényében annak ismeretét, hogy az éppen vizsgált kőzet hány komponensű és melyek a komponensek. Ezzel kapcsolatban számítógépes program készült. A program geofizikai alapja az irodalomból „litho-porozitás korrekció” néven ismert eljárás. A program három görbe (gamma-gamma, neutron-neutron, akusztikus) adataiból előállított két paraméterérték segítségével eldönti, hogy a vizsgált kőzet hány főkomponensű (1, 2, 3, vagy ismeretlen összetételű kőzet).

A szelektív gamma-gamma módszer kísérleteinek első fázisát sikerrel lezártuk; a szelektív gamma-gamma szelvényt a kőzetsűrűség változásától függetleníteni tudtuk (48. ábra). Méréseinket különböző sűrűségű etalonokban és két különböző erősségű  $\text{Am}^{241}$  sugárforrással az ELGI modell-telepén végeztük. A regisztrált energia 20–50 KeV volt és látható, hogy a sűrűségváltozással beütésszámváltozás nem következett be.

Méréseink az elméleti számításokat is igazolták. Kis energiáknál ( $E < 150$  KeV) a visszaszórt gammasugár intenzitását a következő képletből számíthatjuk ki:



48. ábra: Szelektív gamma-gamma eljárás sűrűségfüggetlensége különböző izotóperősségek mellett (izotóp:  $\text{Am}^{241}$  10 mCi, 1,25 mCi, szondabossz: 6 cm, etalon belső átmérő: 86 mm, mérés: falhoz szorítva)

Fig. 48 The density independence of the selective gamma-gamma method (probe 6 cm, inner diameter 86 mm, sidewall boist)

Рис. 48. Независимость метода селективного ГГК от плотности (длина зонда — 6 см, внутренний диаметр — 86 мм, зонд прижат к стенке скважины)

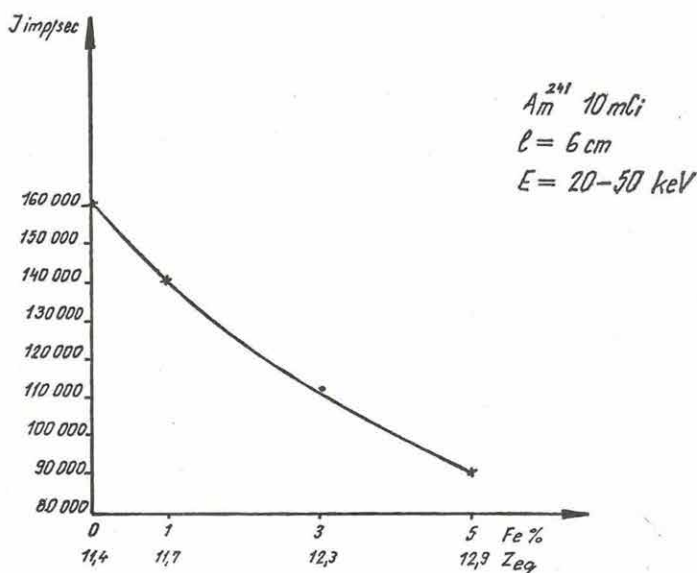
$$I_{\gamma} = \frac{C}{Z^4} \frac{1}{\frac{1}{E_0^3} + \frac{1}{E^3}} \frac{1}{l^2},$$

ahol  $C$  = a mérésre jellemző állandó,  
 $E_0, E$  = a primér és visszaszórt gamma-sugár energiája,  
 $l$  = a szondatávolság,  
 $Z$  = a rendszám.

Az összefüggésből is látható, hogy az  $I_{\gamma}$  értéke a visszaszóró közeg  $Z$  értékétől függ, ill.  $Z^4$ -nel fordítottan arányos.

A 49. ábránk homokba kevert különböző koncentrációjú vas százalékos változását mutatja. Látható, hogy a szelektív gamma-gamma szelvény már 1%-os Fe tartalomra is igen érzékeny. Ha a  $Z_{eq}$  értéke 1-gyel nő, a szórt gamma-sugár intenzitása 32%-kal csökken. Szelvényezési metodikánknak ez igen nagyfokú érzékenységet biztosít.

$Z_{eq}$  értékét a következő összefüggésből számítottuk:



49. ábra: Vastartalom százalékos változása és a beütésszám közötti összefüggés

Fig. 49 Pulse to iron content ratio

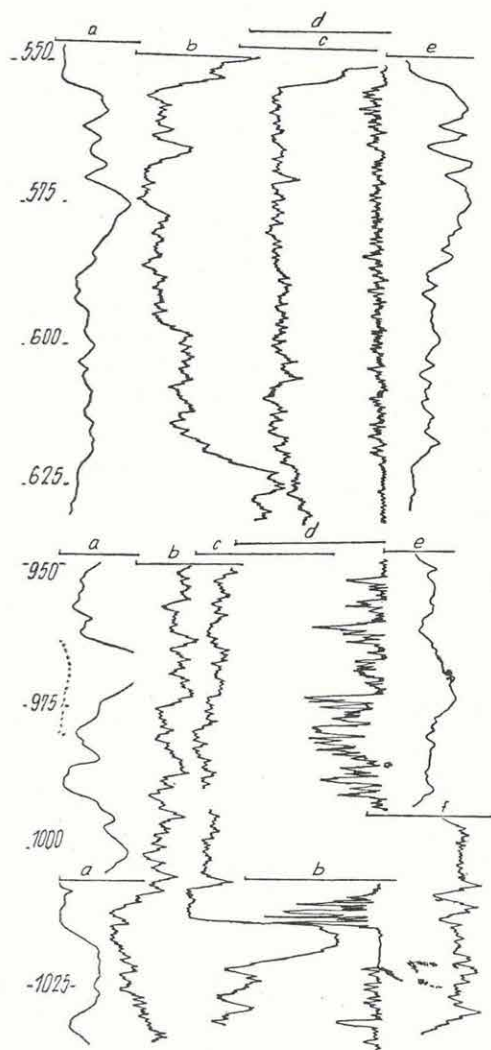
Рис. 49. Зависимость количества импульсов от содержания железа



$$Z_{eq} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n Z_i^3 P_i}$$

ahol

$Z_i$  az  $i$ -edik elem rendszáma,  
 $P_i$  az  $i$ -edik elem súlyszázaléka.



50. ábra: Szelektív gamma-gamma szelvényezés érckutató fúrásban  
 a) ellenállás-szelvény, b) természetes-gamma szelvény, c) gamma-gamma sűrűség-szelvény, d) szelektív gamma-gamma szelvény (Am<sup>241</sup> izotóp, 6 cm-es szondabossz), e) neutron-gamma szelvény

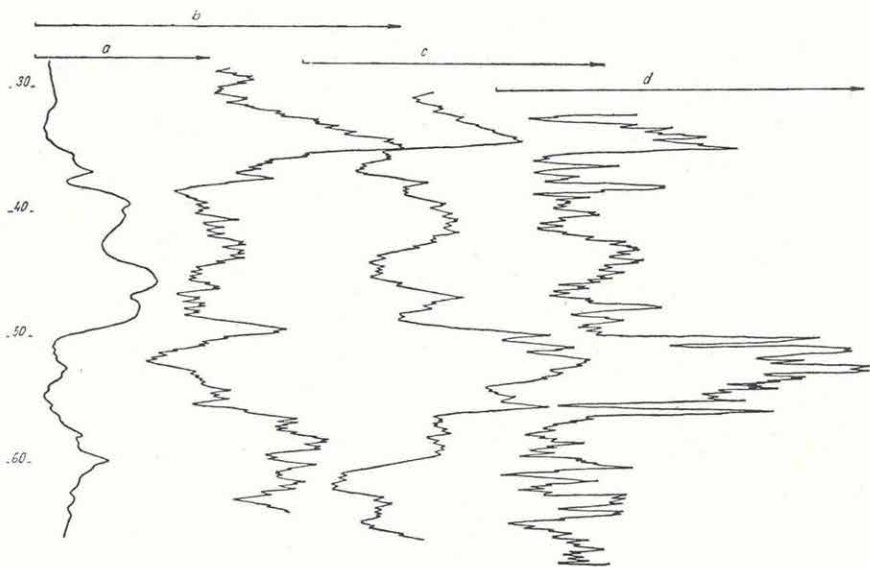
Fig. 50 Selective gamma-gamma logging in ore drilling

Рис. 50. Селективный ГГК в рудной скважине

Az 50. ábrán bemutatott szelektív gamma-gamma szelvényeket mélyszinti érckutató fúrásokban vettük fel. Jól szemlélteti az enyhén hintett és dúsabb ércszakaszokat, egyben a mérés szempontjából hátrányos csövezési viszonyokra is rávilágít.

A szelektív gamma-gamma szelvényezést Visontán földes-fás barnaköszén hamutartalmának meghatározásánál is megkíséreltük. A kísérletek eredményei biztatók (51. ábra). Vascsővezéses fúrásokban a homokkő padokat nem tudtuk kimutatni. A bauxitkutató fúrások karotázs vizsgálatára alkalmazott mérés-komplexus ellenben a harántolt képződmények tagolását, a bauxitösszlet kimutatását biztonságosan oldotta meg.

Mangánkutató fúrások karotázs vizsgálatánál az érces zónák kijelölésére a szelektív gamma és neutronaktiválós eljárásokat alkalmaztuk. A neutron-neutron szelvény a *requeniás mészkő-összletet* jól tagolja.



51. ábra: A visontai terület lignitkutató fúrásában felvett karotázs szelvények  
 a) ellenállásszelvény, b) természetes-gamma szelvény, c) gamma-gamma sűrűség-szelvény, d) szelektív gamma-gamma szelvény ( $Am^{241}$  izotóp, 6 cm-es szondahossz)

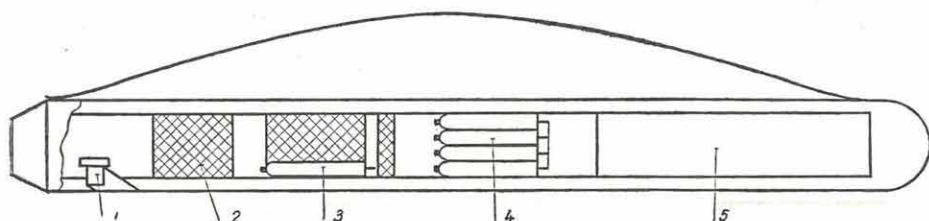
Fig. 51 Logs in lignite drillings

Рис. 51. Каротажные кривые, полученные в лигнитовой скважине

\*

Nukleáris karotázs műszereket a Mélyfúrási Geofizikai Főosztály Kísérleti, ill. Módszertani Osztálya részére készítettünk, s e műszerekkel mélyfúrásokban folyamatosan végeztek méréseket. A KRNG-120-60 típusú kétparaméteres nukleáris szonda és a KRF típusú felszíni készülék alkalmas természetes gamma és neutron-neutron sugárzás mérésére (a specifikációt lásd később).

A földtani képződmények térfogatsúly ( $\rho$ ) szelvényezésére 86 mm átmérőjű szondát dolgoztunk ki (52. ábra). A térfogatsúly meghatározása megfelelő távolságban elhelyezett két detektor-csoportos gamma módszerrel történik, lágy sugárforrás ( $\text{Cs}^{137}$ ) kollimált alkalmazásával. A teljesen tranzisztorizált elektronika a működést 200 °C-ig teszi lehetővé. Üzemeltetése a KRF-2-12A típusú felszíni egységgel lehetséges.



52. ábra: A KRGG-2-200-86 típusú szonda elvi elrendezése (jektetve)  
1 sugárforrás, 2 Pb, 3 GM-I, 4 GM-II, 5 elektronika

Fig. 52 Block diagram of radiometric probe KRGG-2-200-86  
1 isotope, 2 Pb, 3 GM-I, 4 GM-II, 4 electronic circuitry

Рис. 52. Схема зонда РК типа КРГГ-2-200-86  
1 — изотоп; 2 — Pb; 3 — ГМ-I; 4 — ГМ-II; 5 — электронная схема

A négycsatornás analizátort kb. 0,03–0,6 MeV-es gamma energiák szelektív szelvényezésére dolgoztuk ki. Két fő részből áll. A műanyagházas szonda a lágy energiájú gammasugarak kis veszteséggel történő detektálását teszi lehetővé. Detektorként szovjet gyártmányú FEU-74 fotomultiplier és egy 30 × 50 mm-es NaJ/Ti egykristályt alkalmaztunk. A kísérleti szondatest kb. 9 mm falvastagságú műgyantába ágyazott üvegszövetből készült, amelyben a max. 70 °C hőmérsékletet tűrő félvezető elemeket tartalmazó elektronika és változtatható sugárforrástartó foglal helyet. A felszíni egység a szonda tápáramellátását biztosító stabilizált tápegységet és a szondából érkező jelek feldolgozásához szükséges 4 db differenciál-diszkriminátort, egy lineáris rate-metert és egy processzort tartalmaz. A szondából érkező jeleket a differenciál-diszkriminátorok segítségével négy csatornában tetszőlegesen beállítható energiatartományban regisztrálhatjuk. A processzor alkalmazásával lehetőségünk van két választott csatorna különbségi, vagy összegszelvényének a felvételére. Ezzel a kísérleti berendezéssel a CSSZK-ban sikeres bemutató méréseket végeztünk.

A KRF-2-12A TÍPUSÚ FELSZÍNI KÉSZÜLÉK  
SPECIFIKÁCIÓJA

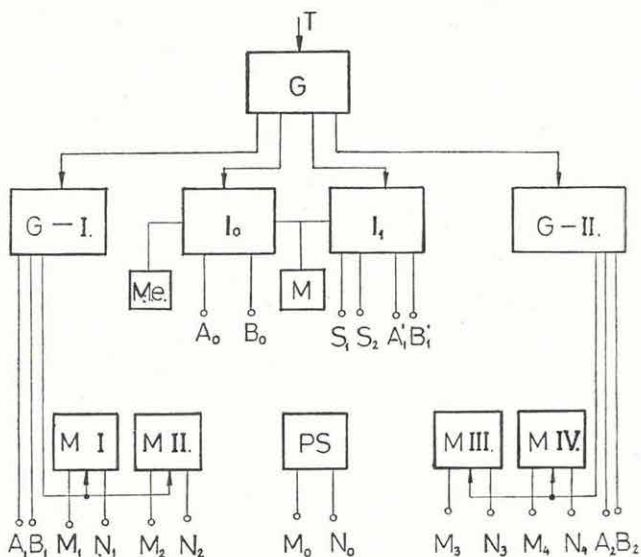
tápfeszültség	12 V $\pm$ 5% akkumulátorból
felvett áram	$\sim$ 1 A
linearitás	jobb mint 1%
nullpontstabilitás	$\leq$ 1/100 sk0/8 h
hótidő	$\sim$ 25 $\mu$ s
indikáció fotogalvanométeren (mindkét csatornában)	0-10 mV $\pm$ 2% ( $R_T = 6$ kOhm)
beépített kontrol műszeren	$\pm$ 5% pontossággal
nullázás	kisütő gombbal
mérete	500 $\times$ 270 $\times$ 320 mm
súlya	$\sim$ 7 kg

A KRNG-2-120-60 TÍPUSÚ RADIOAKTÍV  
NEUTRON-GAMMA SZONDA SPECIFIKÁCIÓJA

szondaátmérő	60 mm
szondahossz	kb. 2,5 m
tápfeszültség	30 V
táparám	40 mA $\pm$ 5%
detektorok	gamma csatorna: 4 db NG 420 Geiger-Müller cső neutron csatorna: 4 db SzNM-11 típ. proporcionális cső
üzemi hőmérséklet	+5 - +120 °C
kábel	max. 5 km hosszú, min. kéterű karotázskábel, amelynek két ere közötti kapacitás $C_{\max} \leq 0,5 \mu F$ hurokellenállása $R_{\max} \leq 100$ ohm
sugárérzékenység	$4,8 \frac{\text{CPM}}{n/\text{cm}^2}$ ill. $44 \frac{\text{CPM}}{\mu r/h}$

Ezenkívül külső megbízásból vagy külföldi kooperációban számos nukleáris szondát állítottunk elő.

Az *elektronikus karotázs* alapáramkörökének előző évben elkezdett kísérleti kialakítását tovább folytattuk. Néhány egységnél a terepi példány szintjéig jutottunk el. Az elektromos alapberendezés elvi vázlatát az 53. ábra mutatja. A rendszer kétfrekvenciás ellenállásmérő körök mellett a laterolog mérő-repdszert és egyenáramú erősítővel az SP csatornát tartalmazza.



53. ábra: Az elektromos alapberendezés elvi felépítése

Fig. 53 Block diagram of the electric basic unit

Рис. 53. Схема основного электрического устройства

A csörlőrendszer tervezését a következő specifikációval kezdtük el: gépkocsira szerelhető, gépkocsi motorjáról hajtott kábelcsörlő 600 × 1000 m főméretekkel, automatikus sorrakóval; 3000 m hosszú, 12 mm átmérőjű hét-eres páncélkábel 25–5000 m/óra sebességű vontatásra, kézi működtetésű nyitott szalagfékkel és olajműködtetésű belső fékkel.

Speciális mélységjeladóval vezérelt léptető motoros filmtovábbítással tovább folytattuk a kilencgalvanométeres regisztráló kidolgozását, s a mechanikus léptékváltó rendszert elektronikus megoldással helyettesítettük.

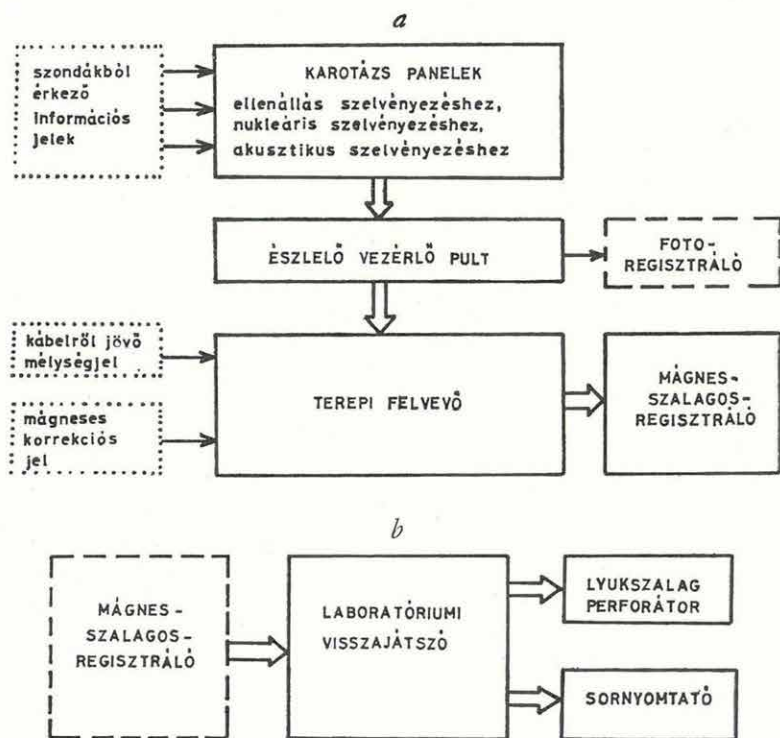
A recski területen végzett mérések értékelése alátámasztotta azt az igényt, hogy a mérések komplexitásának fokozása érdekében *indukciós szondát* szerkesszünk.

1971-ben érckutatási célokra négytekercses iszapkompenzált szondatípust fejlesztettünk ki és mintapéldányát elkészítettük. A tekercsrendszer adó, mérő és két iszapkompenzáló tekercsből áll; fókuszáló tekercset nem tartalmaz. A recski nagy vezetőképesség-kontrasztú területen a nagy felbontóképesség rövid szondahosszal kedvezőbben biztosítható, mint fókuszált rendszerekkel.

A kialakított szonda alapvető specifikációi:

főtekercestávolság	40 cm,
szondaátmérő	60 mm,
érzékenység-intervallum	0,03–5 ohmm,
hőmérséklet határ	100 C°
nyomáshatár	150 atm.

A tekercsrendszer a már magasabb hőmérséklet és nyomáshatáron is alkalmazott epoxi-gyantás technológiával készült. A szondaelektronika tranzisztorizált, részben integrált áramkörös felépítésű. A szondamechanika héteres, gyors csatlakozó kábelfejhez illeszkedik, (lásd a modellkísérleteket leíró részt is).



54. ábra: a) A digitális karotázs műszerkocsi tartozékai  
b) A laboratóriumi előkiértékelés felszerelése

Fig. 54 a) The accessories of the digital well logging equipment truck-mounted  
b) the outfits of the preliminary laboratory processing

Рис. 54. а) Принадлежности к цифровой каротажной станции  
б) Принадлежности предварительной лабораторной обработки данных

A karotázs mérések *digitális adatgyűjtésére és kezelésére* a két részre osztott műszer-rendszer kísérleti példányának építését befejeztük.

A terepi felvevőt, a mágnesszalagos regisztrálót, az egyes mérési műveletek összeköttetéseit létesítő észlelő-vezérlő pultot, továbbá a néhány szokásos mérőkört tartalmazó karotázs paneleket, amelyek speciálisan illeszkednek a terepi felvevőhöz és egyben lehetőséget adnak a hagyományos galvanométerrel történő analóg fotoregisztrálására is, a kábelcsörlőt is hordozó karotázs kocsiiban helyezük el (54a. ábra).

Az operatív memóriájú laboratóriumi visszajátszó (54b. ábra) mintegy megelőzve a felesleges számítógépes műveleteket, a mágnesszalagos regisztráló által rögzített felvételek gyors kiértékelésére, válogatására és minősítésére szolgál. Az átszámításokat és adatrendezéseket lyukszalagon vagy sornymotatón lehet kiadni.

A műszeregységek főbb elektronikus ellenőrző és minősítő vizsgálatait a laboratóriumban elvégeztük. Specifikációt később adunk.