

A számítógépes mennyiségi karottázs-értelmezés jelenlegi helyzete és lehetőségei az NKFÜ-nél*

K O M L Ó S I Z S O L T **

A Nagyalföldi Kutató és Feltáró Üzemenél 1973 óta készítenek rendszeresen mennyiségi karottázs értelmezéseket. A következő évben már alkalmazták a 9100 A típusú HP asztali számítógépet az értelmezési munka hatékonyságának növelésére. A cikk ismerteti az értelmezési munka tematikus menetét, a felhasznált programok körét. Két konkrét példán keresztül elemzi a geofizika költséghelyzetét a mélyfúrásos szénhidrogén-kutatáson belül.

Предприятием по поискам и разведке месторождений Большой низменности начиная с 1973 г. систематически выполняется количественная интерпретация каротажных данных. Для повышения эффективности интерпретации применяется настольная счетно-решающая машина типа 9100А HP. В настоящей работе дается описание схемы интерпретационной работы и применяемых программ. На двух конкретных примерах анализируются расходы геофизических работ в пределах работ по разведке нефтяных и газовых месторождений глубоким бурением.

With the Great Plane Exploration and Detecting Enterprise quantitative well-logging interpretations have been prepared regularly since 1973. In the next year a desk calculator of type 9100 A HP was put in use to increase the effectivity of interpretation works. The paper reviews the schematic march of the interpretation work and the programs applied. By two practical examples the cost-conditions of geophysics are represented within the hydrocarbon well logging exploration.

Az utóbbi időben fokozott érdeklődés mutatkozik a karottázs szelvényekből meghatározható adatok iránt. Ezt tükrözi a 9/1973-as KFH rendelet, mely kötelezően írja elő – többek között – az alábbi mutatók számszerű meghatározását:

- a litológiai összetétel,
- porozítások (össz-, effektív, elsődleges és másodlagos porozítás),
- agyagosság (általában nem azonos az ásványtani agyagtartalommal, de közelítőleg a kőzetek agyagtartalmának zavaró hatását tükrözi),
- a folyadékeltelítettség meghatározása,
- az áteresztőképesség becslése.

A meghatározható paraméterek köre, illetve azok pontossága a rendelkezésre álló szelvénykomplexumtól, a mérések megbízhatóságától, valamint az alkalmazott értelmezési módszertől függ. Az 1. ábra mutatja a hazai lehetőségek időbeli változását 1954 és 1975 között. Mint az ábra mutatja, sokat fejlődött a geofizika az elmúlt 20 év alatt, de még mindig sok mindent kell megvalósítani. Gondolunk itt a gamma-gamma (sűrűség) és indukciós szelvényezés üzemeltetésén kívül a falhoz szorított neutron szelvényezések bevezetésére, a mikroszelvények és lyukátmérő-mérés egyidejű felvételére, a stabilitási problémák megoldására stb. is. Ezek részletezése nem célunk ebben az előadásban.

Az értelmezések és feldolgozások kivitelezésének gyakorlati sémája

I. A vizsgált rétegsor litológiai felosztása TG, PS, OL, MLL szelvények és geológiai adatok alapján.

* Elhangzott 1975. márc. 13–14-én az Ifjú Szakemberek Ankétján, Pécsen. (Díjnyertes előadás.)

** OKGT Nagyalföldi Kőolajkutató és Feltáró Üzem.

- b) a képletek, illetve kísérleti méréssorozatok alapján nomogramok szerkeszthetők (pl. a 3 a–b. ábrák), s az eredményeket ezekből olvashatjuk ki.
- c) Az adatokat számítógépre vinni:

- Egy asztali számítógép, melynél a be- és kimenő adatokat kézzel kell beadni, illetve kiírni. Az NKFÜ jelenlegi gyakorlatát ez a lehetőség jellemzi.
- Ugyanahhoz az egyszerű számítógéphez perifériák is csatlakoztathatók (lyukszalag-olvasó és -lyukasztó, gyorsnyomtató és esetleg plotter). Ez év, de legkésőbb a jövő év folyamán lehetőség nyílik egy, a szükséges perifériákkal felszerelt asztali számítógép beszerzésére, az NFKÜ részére.
- Az adatok és programok nagy-számítógépre vitele. Itt az előbb felsorolt perifériák szükségszerűen megvannak, sőt sornyomtató és teletype is van. Ez a gép memóriakapacitása folytán egy teljes programrendszer kezelésére is alkalmas. 1973 óta folynak kísérletek az OGKT Geofizikai Főosztályán keresztül, egy *Minszk-22*-es számítógépre írt, átfogó programrendszer készítésére.

*Geofizikai programok a 9100 A típusú Hewlett Packard
asztali számítógépre*

1974-ben indult meg a számítógép felhasználása, és a rendelkezésre álló programok köre állandóan bővül.

A gép felépítése a következő: 19 regisztert, regiszterenként 14 db 6 bites karaktert tartalmaz. Öt regisztert (melyből háromnak a tartalma látható is = *display*) csak adatok tárolására, illetve műveletek végzésére alkalmas. A fennmaradó 14 regiszter 196 programlépést, vagy 14 adatot tartalmazhat. Az alpműveleteken kívül az alapfüggvények (Exponenciális-, szög-, hiperbolikus függvények és ezek inverzei) is programozhatók, valamint speciális programozási lépéseket (feltételes és feltétel nélküli ugró utasításokat, program várakoztatása, megállítása stb.) is használhatunk.

Az általunk használt programok két részből állnak: Az első rész kinullazza a szummázáshoz szükséges regisztereket; számítja és letárolja a paramétereiket; (pl.

$$(\varphi_A)_{sh} = \frac{\Delta t_{sh} - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}}; \quad d_{név}; \quad a, m, R_u, \text{ stb.})$$

és elhelyezi a kezdő adatokat (I_N^{i-2} , Δt^{i+1} , h_i^{i-2} stb.)

A második rész végzi a számítást a bemenő adatokkal és a paraméterekkel. Az adatokat és paramétereket az NKFÜ gyakorlatában szokványos léptékben kell beadni (pl. $R \rightarrow$ ohmm, $\Delta t \rightarrow \frac{\mu \text{ sec}}{0,93\text{m}}$, $d \rightarrow$ cm, $I_N \rightarrow$ FNE, TG $\rightarrow \gamma \dots$ stb.)

A programok részletes leírása megtalálható az NKFÜ Geofizikai Értelmezési Osztályán. Az 1974-ben elkészült programokat az 1. táblázat foglalja magába.

A következőkben két programcsoportról részletesebben is szólnunk.

I. A statisztikus programoknak, közülük különösen a regresszióknak, a mag vizsgálati eredmények feldolgozásánál és a különböző érzékenyséű szelvények összevetésénél („*cross plot*” módszer) van nagy jelentőségük.

GEOFIZIKAI PROGRAMOK

9100A típusú Hewlett Packard asztali számítógépre (1974.)

A program neve és képlete		Paraméterek	VÁLTOZÓK	
			be	ki
STATISZTIKUS PROGRAMOK (eredeti, új, programok)	REGRESSZ-ATLAG SZÁMÍTÁSOK	egyszerű: $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$; $G_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$	x_i	N, \bar{x}, G_x
	REGRESSZ-SZÍKOK	súlyozott: $\bar{x} = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i}$; $G_x = \sqrt{\frac{\sum f_i (x_i - \bar{x})^2}{\sum f_i - 1}}$	f_i, x_i	
		$y = ax + b$ $y = ae^{bx}$ $y = a \cdot x^b$	x_i, y_i	r, a, b
		$y = ax^2 + bx + c$		a, b, c
		$z = ax + by + c$	x_i, y_i, z_i	
KIEGÉSZÍTŐ PROGRAMOK	Rádióaktív szelvények sebességkorrekciója	τ, V_{vont}	i^1, i^{1-1}, i^{i-2} h^1, h^{1-1}, h^{i-2}	i_{kor}
	Akusztikus szelvény korrekciója (t_0) szondahossznál vékonyabb rétegek esetén	t	$\Delta t^{i-1}, \Delta t^i, \Delta t^{i+1}$ h^{i-1}, h^i, h^{i+1}	Δt^i_{korr}
	Javított neutron porozitáshoz (ϕ) tartozó FNE érték meghatározása	FNE ϕ	$d; \phi; \phi'$ J_N	FNE ϕ' $\phi' S_w, \phi' (1-S_w)$
	Készletszámításhoz szükséges adatok		h_e, ϕ^i, S_w^i	$h_e \phi^i, h_e (1-S_w^i)$ $h_e \phi^i (1-S_w^i)$ és ezek szummái
	$1 - \alpha = 1 - \frac{PS}{SSP}$ és $TG_{rel} = \frac{TG - TG_{min}}{TG_{max} - TG_{min}}$ számítása	SSP TG_{max}, TG_{min}	SP; TG	$1 - \alpha; TG_{rel}$
POROZITÁSI SZÁMÍTÁSOK	Neutron gamma szelvényből	$R_m(25^\circ C); 7T$ $FNE_{kial}; FNE_{kor}$ $(\phi_N)_{sh}$	TG $J_N; d; V_{sh}$	$\phi_{mk0}; \phi_{sd}$ vagy $\phi_{mk0} (\phi_{mk0})_e$ vagy $\phi_{sd}; (\phi_{sd})_e$
	Neutron neutron szelvényből	$FNE_{kial}; FNE_{kor}$ $(\phi_N)_{sh}$	$J_N; d; V_{sh}$	
	Akusztikus szelvényből $(\phi_{\Delta t})_e = \frac{\Delta t - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}} - V_{sh} \frac{\Delta t_{sh} - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}}$	$\Delta t_f; \Delta t_{sh}$ Δt_{ma}	$\Delta t; V_{sh}$	$\phi_{\Delta t}; (\phi_{\Delta t})_e$
	Formáció faktoros formulával $\phi = \sqrt{\frac{a R_f}{\beta R_a}}$	$a; m; \beta$ R_f	R_a	$R_{val} \approx \beta R_a$ ϕ_{val}
VIZELTETTSÉG	Simandoux formulával $\phi = \sqrt{\frac{a R_f}{R_a} \left(\frac{1}{R_a} - V_{sh} \right) / R_{sh}}$	$a; m; R_{sh}$ $R_{ol}; R_{MLL}$	$V_{sh}; R_{ol}; R_{MLL}$	$\phi_f; \phi_{x0}$
	Formáció faktoros formulával $S_f = \sqrt{\frac{a R_f}{\phi^m \beta R_a}}$	$\beta; n_1; n_2$ $R_f; a; m$	$R_a; \phi$	$S_f^{(1)}; S_f^{(2)}$
	Simandoux formulával $S_f = \frac{-V_{sh} + \sqrt{V_{sh}^2 + 4 a R_f \beta R_a}}{2 a R_f}$	$a; m$ $\beta; R_f; R_{sh}$	$V_{sh}; \phi; R_a$	S_f
TECHNIKAI PROGRAMOK	Lyukterfogat számítás kaliber szelvényből	$H_{tény} \approx \sum h_i$ $d_{névl}$	$d_i; h_i$	$\bar{d}; V_{névl}$ $V_{tényl}$
	Kötési index (β) számítás cementogloból (β súlyozott átlag)	$\beta = 1 - \frac{A_{cs}}{A_{cs \max}}$	$A_{cs \max}$ Z_0	$h_i; \beta_i$ vmint $\sum h_i; \bar{\beta}; G_{\beta}$

Geo 75/18-1 tábl.

1. táblázat - таблица - Tabelle

A legegyszerűbb eljárás a lineáris regresszió. Itt az analitikusan adott $\{x_i; y_i\}$ ponthalmaz közelítését keressük:

$$y = ax + b$$

formában úgy, hogy a

$$\sum_{i=1}^N [y_i - (ax_i + b)]^2 \rightarrow \min$$

feltétel teljesüljön. A szélsőérték feladat megoldása alapján $\{x_i; y_i\}$ ismeretében a és b , valamint az úgynevezett korrelációs együttható (r) számítható.

Ez utóbbi mennyiség értékkészlete

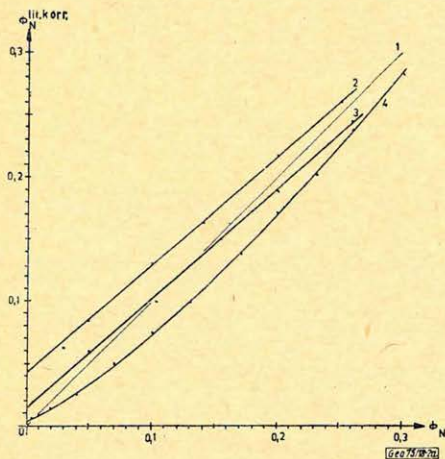
$$-1 \leq r \leq +1$$

előjele megegyezik „ a ” előjével, nagysága pedig a kapcsolat szorosságára utal ($r = 0$ nincs kapcsolat, $|r| = 1$ a kapcsolat „tökéletes”).

Adott ponthalmaz esetén az $x_i; y_i$ változók felcserélésével egy

$$x = a' y + b'$$

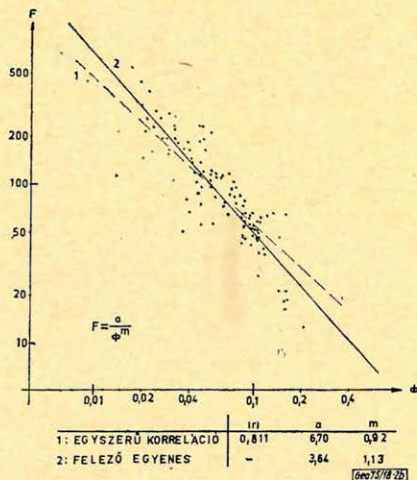
alakú egyeneshez juthatunk. A két egyenes egy metsző egyenespárt alkot; az általuk bezárt szög szintén a korrelációk szorosságára utaló mennyiség; teljesül az $|r| = \sqrt{a \cdot a'}$ egyenlőség. Gyakorlati tapasztalatok alapján bebizonyosodott, hogy a szemre legjobb közelítést (amikor az egyenes egybe esik a ponthalmaz hosszirányú „szimmetria tengelyével”) a metsző egyenespár szögfelező egyenese adja (2b. ábra).



2.a. ábra. A neutron szelvények litológiai korrekciói (a görbék jelei megegyeznek a 2. táblázat sorszámaival.)

Рис. 2/а) Литологическая поправка, вводимая в кривые НК (Обозначения кривых совпадают с номерами по порядку таблицы II.)

Fig. 2/a. Lithologic corrections of neutron profiles (signs of the curves agree with the serial numbers of Table II.)



2.b. ábra. Sós vízzel (koncentráció 11 500 ppm) telített szegedi magok mérési adatai

Рис. 2/б) Результаты анализа буровых кернов, насыщенных соленой водой (концентрация 1150 ppm)

Fig. 2/b. Measuring data of kernels of Szeged saturated with saline water (concentration 11 500 ppm)

Természetesen a szögfelezőre számolt hiba értéke nagyobb, mint a normál egyenesre számolt, hisz nem teljesítheti az elején feltett minimum feltételt.

A közelítés abszolút hibáját (h_a) a

$$h_a = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i - (ax_i + b)]^2}$$

és a relatív hibáját $|h_r|$ a

$h_r = \frac{h_a}{y} 100$ [%] összefüggés adja, ahol $y = \frac{1}{N} \sum_i y_i$. A regressziós programok használhatóságát növeli, hogy, ha az x_i és/vagy y_i változók helyére exponenciális, logaritmikus, reciprokok stb. függvényértékeiket helyettesítjük (nyilván a kapott egyenes vagy parabola csak a fenti úton transzformált koordináta rendszeren lesz egyenes vagy parabola).

A 2a-b ábrák, illetve a 2. táblázat a statisztikus programok alkalmazására mutatnak példát.

2. táblázat – таблица – Tabelle

Sor-szám	A neutron szelv. tip.	Szonda-hossz (m)	A litológiai korrekció egyenlete	Korr. eh.
1.	Valamennyi neutron szelvény		$\varphi_{mk\delta} = \varphi_N$	—
2.	NG	0,6	$\varphi_{hk\delta} = 0,87 \cdot \varphi_N + 0,043$	0,9999
3.	NN _t	0,5	$\varphi_{hk\delta} = 0,88 \cdot \varphi_N + 0,014$	0,9997
4.	NG	0,6		—
	NN _t	0,5	$\varphi_{dol} = 0,8(\varphi_N)^2 + 0,7 \varphi_N - 0,002$	
	GNT			

II. A neutron porozítások számíthatóságát a

log $\varphi_N = a \cdot I_n + b$ (ha $\varphi = 0,05 + 0,4$) összefüggés tette lehetővé, ahol φ_N – a neutron porozítás

a és b a lyukátméretől függő konstansok

I_N – a neutron szelvényérték.

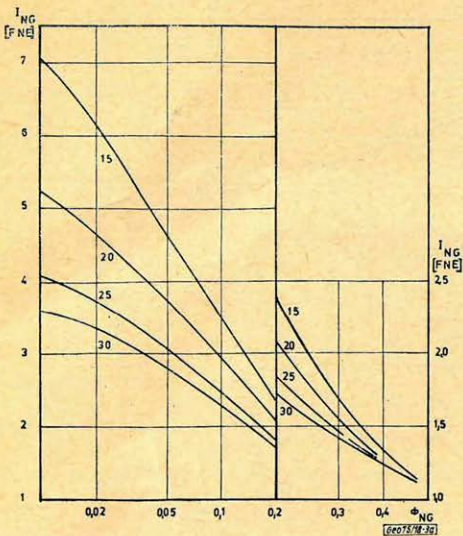
Ha a és b értékét, mint a lyukátmérő (d) függvényét beírjuk, akkor a

$$\log \varphi_N = A I_N \log d + B I_N + C \log d + D$$

összefüggéshez jutunk.

A log helyett természetes logaritmust írva, I_N -t FNE -re normálva ($I FNE = I_N; \varphi=1,0$), d -t cm -ben helyettesítve $A - B - C$ és D -re a következő értékeket kaptuk, lineáris regresszió segítségével, a 3a.-b. ábrák nomogram-jából:

	NG (0,6 m)	NN _{term} (0,5 m)
A	-1,0404	-0,2066
B	2,2647	0,4773
C	1,2199	0,3528
D	-3,5415	-1,5100



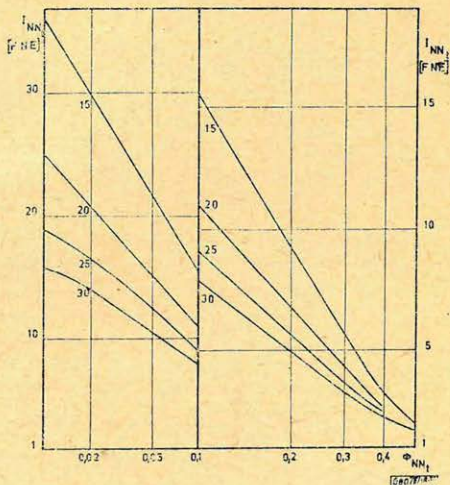
3.a. ábra. Görbesereg a porozitás meghatározására, NGGK-62 típusú 0,6 m-es szondával felvett NG szelvényből.

Görbeparaméter: lyukátmérő cm-ben [3]

Рис. 3/а) Семейство кривых для определения пористости по кривым, полученным зондом 0,6 м типа НГГК-62. Параметр кривой — диаметр скважины в см [3]

Fig. 3/a. Curves for determination of porosity, taken from a neutron gamma-profile made with a 0,6 m probe of type NGGK-62.

Parameter of curves: hole-diameter in cm [3]



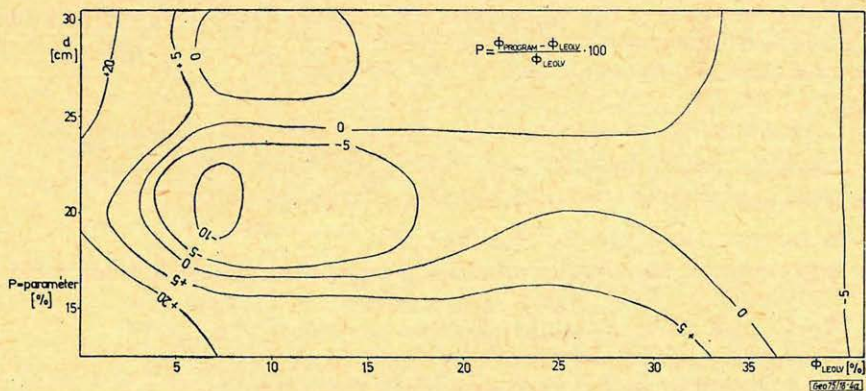
3.b. ábra. Görbesereg a porozitás meghatározására, DRSZT-1 típusú 0,5 m-es szondával felvett NN₁ szelvényből

Görbeparaméter: lyukátmérő cm-ben [3]

Рис. 3/б) Семейство кривых для определения пористости по кривым NN₁, полученным зондом 0,5 м типа ДРСЗТ-1. Параметр кривых — диаметр скважины в см [3]

Fig. 3/b. Curves for determination of porosity, taken from a NN₁-thermal-neutron-profile using a 0,5 m sonde of type DESZT-1.

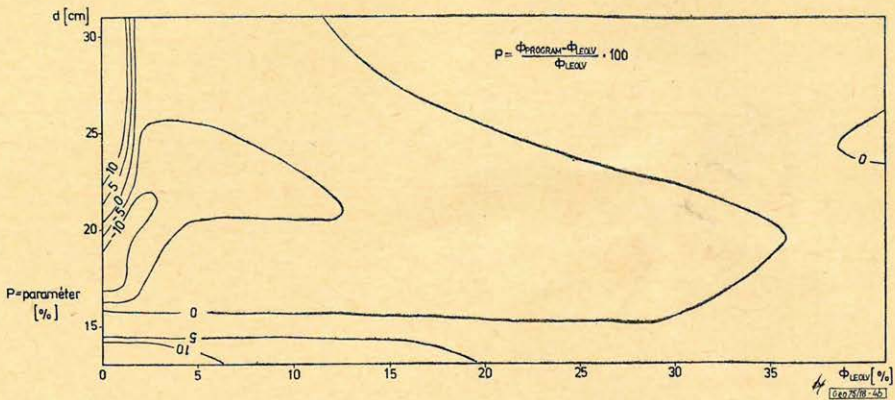
Parameter of curves: hole-diameter in cm [3]



4.a. ábra. A NG szelvényből számított porozitás jósága

Рис. 4/а) Правильность пористости, определенной по кривым НГК

Fig. 4/a. Accuracy of porosity computed from the NG-profile



4.b. ábra. A NN_1 szelvényből számított porozitás jósága

Рис. 4/б) Правильность пористости, определенной по кривым NN_1

Fig. 4/b. Accuracy of porosity computed from the NN_1 profile

A közelítés jóságát a 4a-b. ábrák mutatják.

A NG program elvégzi a TG korrekciót $\left(NG - \frac{1}{2}TG\right)$ és az iszap sótartalmát is korrekcióba veszi.

A litológiai korrekciókat a 2. táblázat egyenleteivel számolja (L.: még a 2b. ábrát is.)

Mint már említettük, a programrendszer állandóan bővül, s így az 1. táblázatban nem szerepel az 1975-ben készült Schlumberger-féle víztelítettség számító formula, a $PGAC$ (Jugoszlávai) cég által mért GNT porozitást számító formula (több bémérésük történt az utóbbi időben) és a ferdeség kiértékelő formula programja sem.

A továbbiakban szeretném néhány permeabilitást becsülő formula alkalmazhatóságát megvizsgálni; kapcsolatot találni a különféle termelési paraméterek és a geofizikai szelvények között; a cross plot eljárás hazai körülmények (szelvényminőség, szelvényválaszték, speciális litológia, gép- és munkaerő-kapacitás stb.) között alkalmazható rendszerét összeállítani.

Két területi feldolgozás kivitelezésének statisztikus elemzése

A dolgozat elején említett 9/1973-as KFH rendeletben meghatározott feldolgozásoknak például a következőket kell magába foglalnia:

- A szelvényezési munka összefoglalása.
- A szelvények mennyiségi értelmezése (porozitás, víztelítettség stb.).
- Hőmérsékletmérési adatok feldolgozása.
- Korreláció, vezérszintek kijelölése.
- A rétegmegnyitási műveletek kritikai értékelése.
- Lyukferdeség-mérések eredményeinek összesítése.
- Cementpalást-mérések értékelése stb.

A felsorolásból látható, hogy a mennyiségi értelmezés, mely ennek a dolgozatnak témája, csak egy, de nagyon munkaigényes része az elkészítendő

feldolgozásnak. Sok munkát jelent a számított adatok grafikus (szelvényben vagy diagramban) megjelenítése, ráadásul a helyes megoldást is nehéz megtalálni. A vizsgált szakasz bonyolultságától függően többször is végre kell hajtani – változó paraméterekkel – az értelmezési eljárást, vagy annak egy részét.

Két terület feldolgozásának az adatait mutatja a 3. táblázat. Az 5. és 6. sor adatainak összevetéséből látható, hogy az amúgy is munka- (és idő-) igényes számításokat a nyers adatok előkészítése („digitalizálása”) mennyire megnyújtja. Maga a gépi futtatás (az adatokat kézzel betáplálva) már gyorsabb – 200–250 adatot lehet kiszámítani egy óra alatt – csak nagyon fárasztó.

3. táblázat – мабууа – Tabelle

		Battonya-Kelet	Ferencszállás
1.	A vizsgált fúrások száma (db)	14	12
2.	A vizsgált összlet átlagos vastagsága (m)	120	400
3.	A „homogén rétegek” átlagos száma egy kútban (db)	80	125
4.	A feldolgozott nyers adatok száma ¹ (db)	9 000	12 000
5.	A feldolgozás időtartama ² (műszaki)	400	320
6.	A „digitalizálás” időtartama ³ (műszak)	75	100
7.	A fúrások átlagos mélysége (m)	1 000	2 200
8.	Egy fúrás teljes önköltsége	3 210 230	11 237 870
9.	Cement + béléscső + szerelvények anyagköltsége + + aggregátor költség	522 116	1 820 851
10.	A lemélyítés költsége	704 557	2 381 867
11.	A geofizika összköltsége	209 510	435 891
12.	ue. a fúrás teljes önköltségére vonatkoztatva (%)	6,5	3,9
13.	ebből szelvényezési költség	108 478	163 258
14.	rétegmegnyitási költség	101 032	272 633
15.	A fajlagos szelvényköltség (Ft/fúrt km)	9 109	6 534

¹ Mélységpontonként 8 adattal (pl.: rétegvastagság PS; TG; d; N; OL; ML_{grad}; ML_{pot}) számolva.

² 3 mérnök és 1 technikus rajzoló munkaidejét számolva.

³ Egy ember egy műszak alatt kb. 120 adatot tud „digitalizálni” (= bejelölni a mélységet és a szelvénykiterést, kiolvasni és leírni az adatot).

Az értelmezés megkönnyítésére, illetve hatékonyságának javítására célszerű olyan számítógépet beszerezni, ami lyukszalag-lyukasztóval, -olvasóval, nyomtatóval és rajzoló géppel van felszerelve. Egy ilyen asztali számítógép komplexum, melynek alapgépe nagyobb kapacitású mint a jelenleg használt 9100 A HP gépe, kb. 1,5 millió forintba kerül.

Az előbb szó esett a mennyiségi értelmezés hatékonyságáról. Nézzük meg, hogy milyen formában mutatkozik meg a geofizika hasznossága. A technikai – és készletszámítási – adatszolgáltatáson kívül két alapvető lehetőséget vizsgálhatunk;

- minden „el nem szalasztott” CH-tároló réteg gazdasági haszna;
- minden geofizikai (és földtani) adatok alapján meddővé nyilvánított réteg (esetleg kút) ki nem vizsgálásából (ill. le nem csövezésből) eredő megtakarítás.

Az első lehetőség átfogó, az egész kutatás (ideértve a felszíni geofizikai előkutatásokat is) hatásosságát meghatározó tényező, s valószínűleg nem is értékelhető.

A második lehetőséget a 3. táblázat segítségével a két konkrét példán mérhetjük fel. Mint látható, a fúrás költségének kis hányadát képezik a geofizikai költségek (12. sor) s ez a hányad a fúrás mélységével tovább csökken.

Egy idejében, geofizikai (és földtani) megfigyelések alapján, felismert meddő kút esetében a 14. sorbeli költségeket, valamint a 9. sorbeli és az egyéb költségek egy részét megtakaríthatjuk. Tehát 5 db 1000 m-es meddő kúton megtakarítható (szerényen 0,3 millió forintot számolva kutanként) költség fedezi a fenti számítógép komplexum árát. Ehhez még csak annyit kell hozzáfűznünk, hogy a Nagyalföldön 1954–1973 között kb. 1000 db fúrást mélyítettek le, átlagosan 2400 m mélységig.

Reméljük, hogy ez utóbbi fejezetben leírtak szemléltették a mélyfúrás geofizika, s ezen belül is az értelmezés hasznosságát, gazdaságosságát és fejlesztésének szükségességét. Különös tekintettel arra, hogy a szakemberek szerint a hazai CH-készletnek kb. a felét kutattuk fel, s a hátralevő másik felét lényegesen nehezebb körülmények között (pl. nagyobb mélységben) kell megtalálnunk.

IRODALOM

1. Dr. Csókás János: Geofizika III. (Bp. 1972.)
2. Markó – Sebestyén – Siegena: Geofizikai kutatási módszerek II. (Bp. 1970.)
3. Szilágyi Endre: Görbeseregek NGGK – 62. típusú (1 = 0,6 m) szondával mért neutron-gamma görbék kvantitatív interpretációjához (kézirat).
4. A 9100 A típusú Hewlett Packard miniszámítógép kezelési és programozási utasítása.
5. Végrehajtási utasítás a 9/1973. (NIM 37. sz.) KFH utasításhoz (OKGT – Bp. 1974. március).